Die Zellstimulation

Biol
P

Die Zellstimulation

Ihre Anwendung
in der Pflanzenzüchtung und Medizin

von

Professor Dr. Methodi Popoff

263532
20. 1. 32

Mit 45 Textabbildungen

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW 11, Hedemannstraße 28 u. 29
1931

1068.

ALLE RECHTE, AUCH DAS DER ÜBERSETZUNG, VORBEHALTEN
PRINTED IN GERMANY

SCHETTLERDRUCK, KÖTHEN (ANHALT)

Vorwort

Im Jahre 1914 habe ich den Versuch gemacht, die vielen einzelnen Untersuchungen aus dem Gebiete der künstlichen Parthenogenese, dem des Frühtreibens der Pflanzen, der anregenden Wirkung mancher therapeutischer Mittel, der Wirkung der katalytischen Düngemittel und auch der Erscheinungen der von mir eingeschlagenen neuen Richtung der Samenstimulation in ein festumrissenes Forschungsgebiet zusammenzufassen, auf die gemeinsame Grundlage aller dieser Forschungsrichtungen hinzuweisen und den ganzen vielgestaltigen Erscheinungskomplex auf ein und dasselbe physiologische Problem, auf das Problem der Zellstimulation zurückzuführen.

Die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen haben gezeigt, daß wir imstande sind, den normalen Ablauf des chemischen Metabolismus der Zelle in weitgehendem Maße durch verschiedenartige Einwirkungen, chemischer und physikalischer Natur, zu beeinflussen und zu heben, d. h. zu stimulieren.

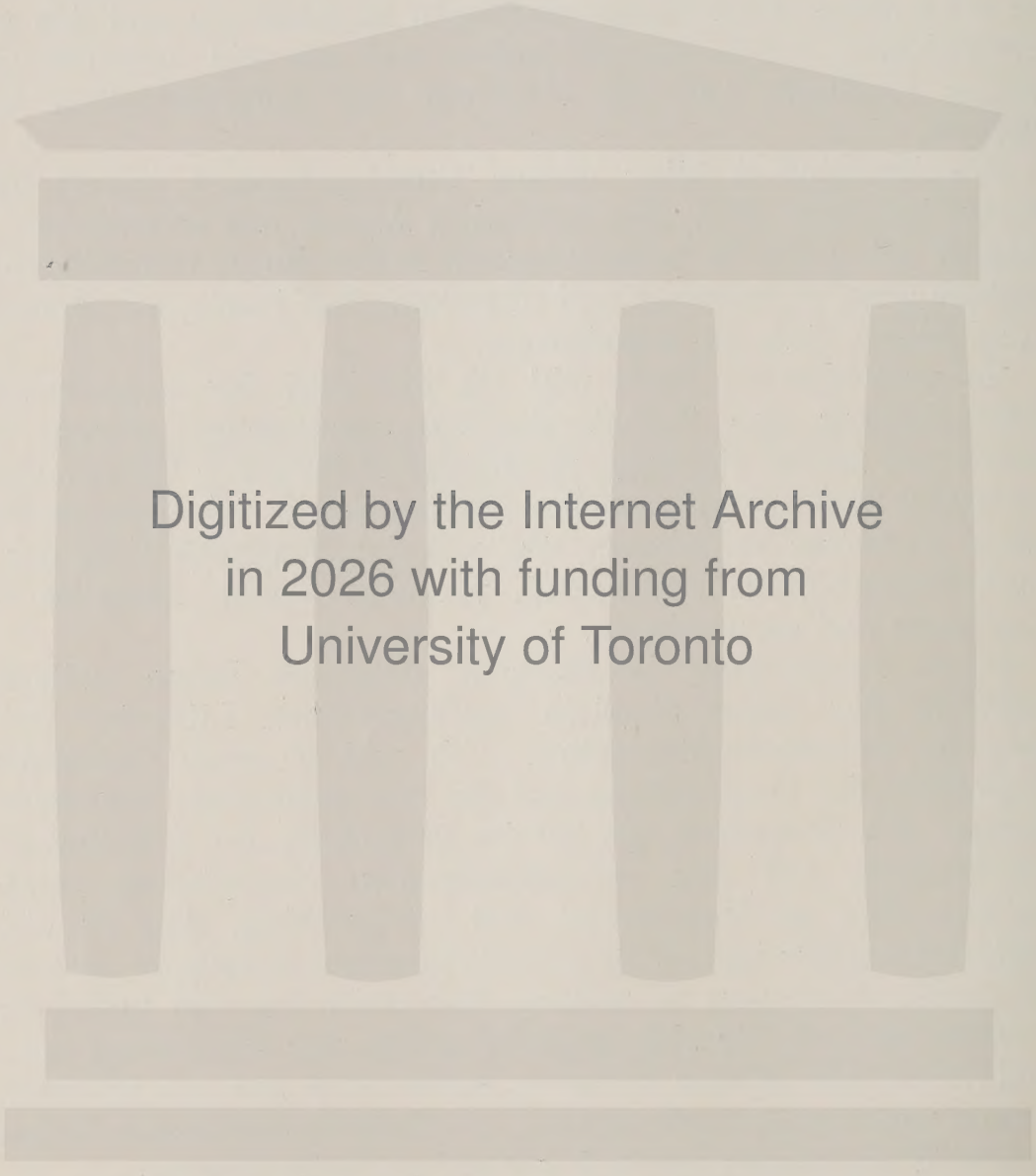
Im vorliegenden Buch will ich ein Bild der experimentellen Durchforschung der Zellstimulationserscheinungen geben, hauptsächlich auf meine eigenen und meiner Mitarbeiter Untersuchungen hinweisend und nur an manchen Stellen werde ich Untersuchungen anderer Forscher aufnehmen, die, von der Fragenstellung des Zellstimulationsproblems ausgehend, versucht haben, dasselbe weiter auszubauen und zu vertiefen.

Diese Darstellung beabsichtigt demnach keine vollständige Durchsicht der schon ziemlich umfangreichen Literatur für und gegen die Zellstimulationslehre. Ich will es auch vermeiden, in eine polemische Besprechung auf die mir gemachten Einwände einzugehen. Die Tatsachen, die für die Bedeutung der Zellstimulationserscheinungen auf den verschiedensten biologischen Gebieten sprechen, sind so feststehend und vielgestaltig, daß es sich erübrigt, die negativ lautenden experimentellen Einwände zu erörtern, ohne damit verkennen zu wollen, daß viele von den negativen Ergebnissen an und für sich gegebenenfalls zur Förderung der Zellstimulationsfrage dienen könnten, wenn auch nur als Hinweis, daß wir noch weit davon entfernt sind, die Zellstimulationserscheinungen theoretisch und experimentell vollauf zu beherrschen.

In ihrer Gesamtheit genommen, wird die Zellstimulation eines Tages an praktischer Bedeutung sowohl in der Medizin als auch in der Landwirtschaft gewinnen. Sie wird außerdem befruchtend auf das gesamte reizphysiologische Problem einwirken.

Berlin, im April 1931.

Methodi Popoff.


Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
University of Toronto

https://archive.org/details/diezellstimulati00popo

Inhaltsverzeichnis

Seite

Theoretische Auffassungen.

Problemstellung und theoretische Entwicklung 1

Experimentelle Begründung.

I. Teil

Zellversuche 14

A. Stimulationsversuche an freilebenden Zellen 14

a) Versuche mit depressionierten Euglenen 16

b) Versuche mit encystierten Euglenen 17

B. Beschleunigung der Teilungsrate der Zelle 33

C. Stimulationsversuche mit Eizellen 34

Anregung der Entwicklung der Eier von Strongylocentrotus lividus bis Plutei 40
Anregung der Entwicklung bis zu Blastulae 50
Anregung zur Zellteilung 52
Morphologie der Entwicklung der stimulierten Eier 55
Unterbrochene und superposierte Stimulation 58
Über die Möglichkeit der Erhöhung der Wirksamkeit der Stimulationsmittel 62
Die Entwicklungsanregung bei der normalen Befruchtung. Entwicklungsanregung, Stimulation, der reifen unbefruchteten Seeigeleier durch Extrakte von Blütenstaub (Pollen) 64
Hebung der Lebensprozesse der überreifen Eier 76
Teilungsbeschleunigung durch Stimulation 87
Über die Bedeutung des p_H-Wertes für die Entwicklung der stimulierten Seeigeleier 96
Steigerung der kolloidalen Quellung durch Stimulationsmittel . . 106
Stimulationsversuche mit Hefe- und Reisvitaminextrakten . . . 111
Stimulationsversuche mit inneren Sekreten 115

D. Stimulationsversuche an Hefe 117

II. Teil

Tier- und Pflanzenversuche.

Beschleunigung der Regenerationsprozesse durch Anwendung von Stimulationsmitteln 119
Wundbehandlung beim Menschen 120
Regenerationsversuche an Hydra viridis 125
Regenerationsversuche an Planarien 136
Wundbehandlung bei Pferden 141
Stimulationsmethoden und Gewebezüchtung 143
Frühtreibungsversuche 144
Stecklingsbewurzelung und Pfropfung nach Stimulation 151
Zellstimulation und Krebsproblem 166
Beeinflussung der Avitaminose bei Tauben durch Zellstimulation 172
Therapeutische Betrachtungen 175
Zellstimulation und Balneotherapie 177

Seite

III. Teil

Samenstimulation 179

Theoretisches und Technisches 180
Reiskeimversuche 182
Atmungsprozesse der Pflanze 205
Stimulationskomponenten verschiedener Samenarten 208
Samenstimulationsfeldversuche (1922—1923), Schlußfolgerungen aus derselben 210
Katalytische Dünger und Samenstimulation 247
Kunstdünger und Stimulation 253
Ältere Keimungsversuche 257
Feldstimulationsversuche vom Jahre 1924 261
Verlängerung der Wachstumsperiode der Pflanzen nach Stimulation 270
Das Verhalten von Pflanzen aus stimulierten Samen in der zweiten Generation 276
Bi- und Polistimulation 280
Feldstimulationsversuche vom Jahre 1924—1925 281
Trockenstimulation 297

Strahlenenergetische Stimulation: 307

Versuche mit ultravioletten Strahlen.
Versuche mit Hochfrequenzstrom.
Stimulierende Radiumeinwirkungen.
Elektrokultur.
Samenstimulation durch Röntgenstrahlen.

Stimulierende Wirkung der Hormone 319
Stimulationsoptima 319
Die Stimulation als keimungs-physiologisches Problem Versuche Gleisbergs 327
Keimleistung und Lebensleistung 332
Andere Feldstimulationsversuche 337
Beizversuche und Zellstimulation 346
Stimulationsbeeinflussung und das Vererbungsproblem 355
Die Bedeutung des p_H-Gehalts des Bodens für das Samenstimulationsproblem 359

Schlußbetrachtungen 365

Theoretische Auffassungen

Problemstellung und theoretische Entwicklung

Die Untersuchungen von Maupas (1887), R. Hertwig (1899 und später), Calkins (1900), Popoff (1906—07) und anderen haben gezeigt, daß während der Lebensdauer einer Protozoenkultur allmählich physiologische Mißstände auftreten, welche in einer Herabsetzung, in einer Depression der Lebensfunktionen ihren prägnantesten Ausdruck finden.

Maupas hat weiterhin gezeigt (1887), daß während dieser Periode der Depression, die er damals als „dégénérescence sénile" bezeichnete, Geschlechtsvorgänge, Konjugationserscheinungen (Infusorien) auftreten und hat daraus die Schlußfolgerung gezogen, daß ein kausaler Zusammenhang zwischen diesen zwei physiologischen Zuständen bestünde. Diese Auffassungen Maupas wurden später durch die großzügig angelegten Arbeiten von R. Hertwig, wie auch durch die Arbeiten seiner Schüler Prandtl (1906), M. Popoff (1907) u. a. bestätigt.

Von diesen Untersuchungen ausgehend habe ich dann im Jahre 1907 die Ansicht vertreten, daß der zwischen den Geschlechtsvorgängen und den Depressionserscheinungen bei den Protozoen beobachtete Zusammenhang allgemeiner Natur sei und daß folglich auch die Geschlechtszellen der Metazoen in der Periode der Reife sich in einem ähnlichen physiologischen Zustand befinden, wie die Infusorien vor der Konjugation und daß in beiden Fällen der Zustand der physiologischen Depression der Lebensprozesse in einer Herabminderung der Oxydationsprozesse ihren eindeutigsten Ausdruck findet. Diese Auffassung von der physiologischen Depression der Geschlechtszellen der Metazoen habe ich dann durch morphologische Untersuchungen zu bekräftigen und zu stützen gesucht.

Diese von mir vertretene Auffassung über die Abnahme der Lebens- bzw. der Oxydationsprozesse der Geschlechtszellen, d. h. über die physiologische Depression derselben, ist auf großen Widerstand gestoßen, denn es wurde damals allgemein angenommen, daß die Geschlechtszellen eines Organismus im Moment der Reife, wo sie bereit sind, einem neuen lebensfähigen Organismus den Ursprung zu geben, auch die lebensfähigsten Zellen desselben darstellen müßten. Mit der Zeit aber, besonders nach den bestätigen-

den Untersuchungen Warburgs über die Herabminderung der Atmungsprozesse der reifen Geschlechtszellen, hat meine im Jahre 1907 ausgesprochene Auffassung über die physiologische Schwächung der reifen Eier an Boden gewonnen und wird heute als eine zutreffende und den Tatsachen entsprechende betrachtet.

Dieser Lebenslauf der Geschlechtszellen — seien es Protozoenzellen oder differenzierte Geschlechtszellen der Metazoen — weist, wie ich 1907 ausführte, darauf hin, daß dieselben genau wie die somatischen Zellen eines vielzelligen Organismus, physiologischen Depressionszuständen unterworfen sind, welche ohne das Hinzutreten von Umregulierungsprozessen mit der Degeneration und dem Tod aller dieser Zellen enden.

Einer dieser Umregulierungsprozesse, welcher normalerweise bei den Geschlechtszellen auftritt, ist die Befruchtung. Durch dieselbe gewinnt die sonst dem Tode geweihte Geschlechtszelle einen Entwicklungsimpuls, ihre Oxydationsprozesse werden gehoben und die Geschlechtszelle gibt, dank der in ihr liegenden Potenzen, einem neuen Organismus den Ursprung.

Wir kennen nun aber Fälle, wo die normalerweise befruchtungsbedürftigen Eizellen auch ohne vorherige Befruchtung wieder entwicklungsfähig werden. Es sind dies die Erscheinungen der künstlichen Parthenogenese. Zahlreiche Beobachtungen und Experimente zeigen, daß es möglich ist, die umregulierende physiologische Wirkung der Befruchtung durch die Wirkung der verschiedenartigsten Agentien fast vollständig zu ersetzen und die sich nach meiner Auffassung in tiefer Depression befindenden Zellen wieder lebens- und entwicklungsfähig zu machen. Damit kommen wir zu einer Feststellung, die maßgebend wurde für die weitere Entstehung meiner Anschauungen über die Zellstimulationserscheinungen.

Hier muß ich etwas zurückgreifen. Im Jahre 1886 hat Tichomiroff unbefruchtete Bumbyx-Eier kurze Zeit (2 Minuten) mit Salzsäure, Schwefelsäure, oder rein mechanisch, durch Bürsten, Schütteln usw. behandelt. Die Eier fingen darauf an, freilich nur zu einem kleinen Prozentsatz, sich zu teilen. Ein Jahr später konnten O. und R. Hertwig die ersten Teilungsstadien der Strongylocentrotus-Eier durch Einwirkung von Chemikalien, Chloroform (1887) und Strychnin (R. Hertwig, 1896) auslösen. Diese Beobachtungen bildeten den Ausgangspunkt für eine gründliche Erforschung derjenigen Agentien, welche imstande sind, die Entwicklung des unbefruchteten Eies anzuregen. Es zeigte sich dabei, daß die allerverschiedensten Einwirkungen die künstliche Parthenogenese hervorrufen können, wie z. B. die Einwirkung von KCl, NaCl, $MgCl_2$, $MnCl_2$, CO_2, NH_3, Tannin, verschiedenen Fettsäuren, Spermaextrakten, Serumeinwirkungen, wie auch die Behandlung mit Toluol, Xylol, Äther u. a. Als sehr wirksame künstlich parthenoge-

netische Agentien haben sich außerdem die Änderung des osmotischen Druckes des umgebenden Mediums, die Wasserentziehung aus dem Eiplasma und die verschiedensten mechanischen Einwirkungen erwiesen.

Die Einwirkung einiger dieser Agentien, wie z. B. der hypertonischen Salzlösungen, der Wasserentziehung u. a., auf das Ei war so günstig, daß dasselbe seine Entwicklung bis weit über das Larvenstadium hinaus fortsetzen konnte. Besonders günstige künstlich-parthenogenetische Resultate erhielt Loeb durch Einwirkung auf die Eier mit Fettsäuren und dann mit hypertonischen Lösungen ($MgCl_2$) Mit sehr großem Erfolg benutzte Delage hingegen die aufeinanderfolgende Behandlung mit Ammoniak und Tannin. Delage ist es gelungen, junge Seeigel auf künstlich-parthenogenetischem Wege zu züchten.

Über die Art und Weise der Einwirkung aller dieser Agentien auf das unbefruchtete Ei und über die Ursachen der künstlichen Parthenogenese gingen die Ansichten weit auseinander.

Der erste Experimentator nach dieser Richtung — Tichomiroff — war der Meinung, daß das Ei auf alle Reize, welcher Art sie auch sein mögen, nur durch eine spezifische Reaktion antworten kann — der der Segmentation. Für Bataillon, Matthews, wie auch zuerst für Loeb und Delage, ist die Wasserentziehung durch die hypertonischen Lösungen oder durch das einfache Austrocknenlassen der Eier, z. B. auf Fließpapier (Giard), das maßgebende Moment für die künstlich-parthenogenetische Entwicklung. Diese Forscher nahmen an (Matthews), daß bei der normalen Befruchtung ebenfalls die Wasserentziehung aus dem Protoplasma die Ursache für die einsetzende Segmentation des Eies ist, da, wie bekannt, bei ihrem Wachstum die männlichen und weiblichen Pronuclei durch Aufnahme von Flüssigkeit aus dem umgebenden Protoplasma sich vergrößern.

Als Erklärungsursache für die künstliche Parthenogenese wurde auch die Ionenwirkung der angewandten Reagentien auf das Ei (Loeb), die Einwirkung der Alkalität, die Umänderung der peripheren Eischicht durch die angewandten alkalischen, lipoidlösenden Reagentien, die Enzymwirkung des Spermienextraktes, die kolloidalen Umänderungen des Eiplasmas (Delage) usw. angeführt.

Alle diese Erklärungen waren bestrebt, diejenigen Momente hervorzuheben, die nach der Ansicht ihrer Autoren sowohl der normalen als auch der künstlich-parthenogenetischen Entwicklung gemeinsam sind. Als Grundlage dieser Theorien diente die eingebürgerte Auffassung über den physiologischen Zustand der Geschlechtszelle, nämlich, daß die Geschlechtszellen die lebensfähigsten Zellen im Organismus seien, jedoch am Ende ihrer Entwicklung zu einem physiologischen Stillstand neigen. Wie die Befruchtung und die

darauffolgenden Umänderungen der Eizelle einen nur auf diese beschränkten Komplex von Erscheinungen bilden, so seien auch die Einwirkungen der oben erwähnten Agentien der künstlichen Parthenogenese ein Gegenstück zu den normalen Befruchtungsvorgängen der Eizelle und als solche nur für die Geschlechtszellen gültige, spezifische Erscheinungen.

Nach der von mir vertretenen und oben dargelegten Auffassung über die Natur der Geschlechtszellen, nämlich daß dieselben im Moment der Reife sich in einem Zustand der Schwächung, der physiologischen Depression, der Abnahme ihrer Oxydationsprozesse befinden, habe ich im Jahre 1914 die Erscheinungen der chemischen Befruchtung, der künstlichen Parthenogenese, als allgemeine Zellstimulationserscheinungen aufgefaßt, bei welchen durch chemische Einwirkungen die depressionierten Geschlechtszellen in ihren Lebensfunktionen gehoben werden.

Folglich zeigen uns die Untersuchungen der künstlichen Parthenogenese nach dieser Auslegung, daß es möglich ist, eine in geschwächtem Zustand befindliche Zelle, in diesem speziellen Falle die physiologisch deprimierte Geschlechtszelle, durch chemische oder physikalische Einwirkungen zu neuem intensivem Leben anzuregen. Und was mit einer Geschlechtszelle in diesem Zustand möglich ist, mußte auch mit jeder anderen somatischen Zelle, welche sich im Zustand einer Herabsetzung der Lebensfunktionen befindet, möglich sein. Daraus die Folgerung, daß die künstliche Parthenogenese nur einen Sonderfall aus einem größeren Erscheinungskomplex bildet, dem der allgemeinen Zellstimulationserscheinungen.

Alle empyrisch oder durch die oben erwähnten theoretischen Annahmen als künstlich-parthenogenetische Agentien erkannten chemischen Mittel müßten demnach allgemein wirkende Zellstimulationsmittel sein.

Die nach dieser Richtung hin von mir vorgenommenen Nachprüfungen und Experimente mit künstlich-parthenogenetischen Mitteln durch Anwendung derselben als allgemeine Zellstimulationsmittel bei einzelligen und vielzelligen Organismen, bei Versuchen zum Frühtreiben von Pflanzen, als Mittel zur Beschleunigung der Wundregeneration und besonders als Mittel zur Beschleunigung der Keimung von Pflanzensamen (1914) bzw. zur Beschleunigung des Pflanzenwachstums haben meine Verallgemeinerungen vollauf bestätigt und mir dadurch die Grundlagen gegeben für eine systematische Durchforschung der Zellstimulationserscheinungen in ihrer allgemeinen bio-

logischen Bedeutung und in ihrer praktischen Anwendbarkeit in Landwirtschaft und Medizin.

Schon 1919—1923 aber führte ich meine Zellstimulationsforschungen aus dem engen Rahmen, den mir die Auffassung der künstlichen Parthenogenese als allgemeine Zellstimulationserscheinungen dargeboten hatte, auf eine breitere Basis durch folgende theoretische Überlegungen:

Die Oxydationsprozesse sind der Ausgangspunkt des ganzen chemischen Metabolismus der Zelle; sie führen zu einer Reihe von energetischen Umwandlungen, deren äußerer Ausdruck die verschiedenartigsten Lebenserscheinungen sind. Von der Intensität der Oxydationsprozesse hängt die Intensität der Lebensäußerungen ab. Eine Hebung der Oxydationsprozesse über eine gegebene Norm würde also zu einer Hebung, zu einer Stimulierung der Lebensprozesse führen. Um die Erscheinungen der Zellstimulation gründlich zu erforschen und alle theoretischen und praktischen Konsequenzen, die sich daraus ergeben, in vollem Maße zu beherrschen, müßten folglich die intimen Prozesse aufgeklärt werden, welche sich in der Zelle, in dem lebenden Molekül selbst abspielen. Um diese Frage zu beantworten, müßte zuerst Klarheit in die Frage gebracht werden, worauf eigentlich eine Sistierung oder eine Verlangsamung, eine Depression der Lebensvorgänge der Zelle beruht. Die nach dieser Richtung vorgenommenen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Depression der Lebensvorgänge in einer Herabsetzung der Oxydationsprozesse ihren prägnantesten Ausdruck findet, und zwar kommt eine Zelle in physiologischen Depressionszustand nicht aus Mangel an Sauerstoff in ihrer unmittelbaren Umgebung, sondern aus inneren Ursachen, die darauf beruhen, daß die Zelle irgendwie unfähig geworden ist, den ihr zur Verfügung stehenden Sauerstoff wieder nutzbar in ihren Lebenskreislauf aufzunehmen (1908). Zu dieser letzten Schlußfolgerung zwingt uns die Beobachtung, daß wir nicht imstande sind, den Depressionszustand durch einfache Zufuhr von Sauerstoff zu beheben. Das Studium dieser verlangsamten oder in hohem Maße tief depressionierten Lebenserscheinungen hat mich deshalb in den Jahren 1919—1923 zu der hypothetischen Hilfsvorstellung geführt, daß irgendwie die Angriffspunkte des Sauerstoffs zur lebenden Materie gestört sein müßten, und daß die Verlangsamung der Lebensfunktionen in der Herabsetzung der Sauerstoffavidität im lebenden Molekül zu suchen sein müßte, und daß wir folglich zu einer Hebung, zu einer Stimulierung, der Lebensfunktionen kommen könnten, wenn es uns gelänge, die Verankerungspunkte des Sauerstoffes wieder frei und zugänglich zu machen. Ich stellte mir dabei bildlich das Eiweißmolekül nach der Ehrlichschen Seitenkettentheorie so dar, als ob diejenigen Seitenketten, welche den Angriffspunkt für den Sauerstoff bilden,

bei den depressionierten Zellen mehr oder weniger gesättigt, mit Sauerstoff verstopft sein müßten, und daß auf diese Weise das lebende Plasma keine genügende Affinität zum Sauerstoff aufweisen kann. Um die Zirkulation des Sauerstoffes im lebenden Molekül wieder möglich zu machen und dadurch die ganze Kette der chemischen Umwandlungen in der Zelle wieder reaktivieren zu können, müssen wir zuerst durch Anwendung von Reduktionsmitteln einen Teil des Sauerstoffes herausreißen und dadurch die Affinität zu neuen Oxydationen schaffen. Da nun jeder Reparationsprozeß im Organismus über die erforderliche Norm hinausschießt, so könnten wir auch hier erwarten, daß durch solch einen chemischen Eingriff die verminderten Oxydationsprozesse nicht nur in Gang gesetzt werden, sondern daß sich dieselben eine Zeitlang in einem energischeren Tempo wie vorher abspielen, d. h. die Zelle müßte durch solch einen Eingriff in ihren Oxydationsprozessen und folglich in ihren damit zusammenhängenden Lebensäußerungen funktionell gehoben, — stimuliert werden.

Diese theoretische Vorstellung, welche, wie ich zugeben will, die Lebenserscheinungen in einer zu schematischen und bildlichen Form darstellt, hat sich als eine fruchtbare Arbeitshypothese von großem heuristischen Wert erwiesen. Sie führte unter anderem auch zu der Auffassung, daß, je nach der Stärke des Reduktionseingriffes, die Erscheinungsform der Einwirkung sich in einer eingehenden Stimulation äußert, die dann in die Phase der optimalen Stimulation übergeht und schließlich beim Überschreiten einer gewissen Stärke der Wirkung in eine Phase abfallender Stimulation, die dann bei weiterer Zunahme der Wirkung in eine irreparable Desaggregation der lebenden Substanz endet. Das heißt, ich kam auf diese Weise zur allgemeinen Aufstellung von drei physiologischen Wirkungsphasen, die auch V e r w o r n bei seinen Studien über die Narkose, die nach ihm auf einer Verminderung der Oxydationsprozesse beruht, für die Narkotika gefunden hat, und dann kommen wir noch zu dem gesonderten Fall der A r n d t - S c h u l t z schen Regel über die Wirkung der Gifte, nämlich, daß ein Gift, das in großen Dosen tödlich wirkt, in kleinen Dosen angewandt, anregend auf die Lebensfunktionen sein kann. Meine Hypothese führte mich zu der Auffassung, daß diese ansteigende, optimale und abfallende Wirkung auf die Lebensprozesse eine generelle Eigenschaft aller Zellstimulationsmittel ist, auch derjenigen, und das ist die Mehrzahl, welche im gewöhnlichen Sinne keine Gifte sind. W i r s t e h e n h i e r v o r e i n e r a l l g e m e i n e n E r s c h e i n u n g i n d e r W i r k u n g s w e i s e d e r S t i m u l a t i o n s m i t t e l.

Eine weitere, wichtige und grundlegende Folgerung von der Statuierung der obenerwähnten drei Phasen der Stimulationswirkung ist die, daß wir, um eine optimale Stimulationswirkung zu erreichen, an Hand eingehender Experimente die optimale Konzentration der

Stimulationslösung und im Zusammenhang mit ihr die optimale Zeit der Einwirkung so genau feststellen müssen, daß wir die optimale Stimulationsphase erreichen und nicht auf der aufsteigenden bzw. abfallenden Seite der Stimulationskurve stehenbleiben. Unter diesem Gesichtspunkte habe ich versucht, auch die Wirkung der physikalischen Stimulantien, wie die der Temperatur, der mechanischen Einwirkungen und der verschiedensten Formen der strahlenden Energie zusammenzufassen.

Durch diese hypothetische Annahme ist es mir gelungen, alle meine Untersuchungen über die Frage der Zelldepression und der Zellstimulation zusammenzufassen und vorerst einer einheitlichen Erklärung zuzuführen. Und was besonders wichtig ist, diese Arbeitshypothese eröffnete mir ein weites Feld von stimulierend wirkenden chemischen Mitteln, welche je nach ihrer Zusammensetzung eine verschieden starke stimulierende Wirkung auf die lebende Substanz aufweisen.

Geleitet von dieser Hypothese, habe ich besonders stark wirkende Stimulantien — schon über 100 an der Zahl — in den Gruppen der Mg-, Mn-, K-, Na-, Fe-, P-, Hg-Verbindungen, des Arsens und seiner Derivate, der Alkohole der Kohlenwasserstoffe, der Aldehyde, Ketone und Säuren der Alkohole, und besonders in der Gruppe der Phenole (ein-, zwei-, dreiwertige) und ihrer leicht oxydablen Derivate und in der Gruppe der ein- und vielwertigen Phenolsäuren, dann unter den Verbindungen aus der Gruppe der Terpene, Kampfer, der Diphenyle, Pyrone und Pyridine, der Hypnotica und Anästhetica u. a. gefunden und ihre stimulierende Wirkung experimentell nachgewiesen.

Die weitere Durchforschung der Zellstimulationserscheinungen hat aber gezeigt, daß als Zellstimulantien auch chemische Stoffe wirken können, welche keine Reduktionseigenschaften aufweisen, sondern sogar als Oxydationsmittel bekannt sind. So z. B. hat sich herausgestellt, daß Kal. bichrom., Kal. hypermanganicum u. a. in bestimmter Konzentration und Zeit der Einwirkung auch stimulierend wirken können. Diese Beobachtungen haben die heuristisch so wertvolle Hypothese über die desoxydierenden Eigenschaften der Zellstimulationsmittel durchbrochen. Sie konnte nicht mehr alle Erscheinungen der Zellstimulation und die Wirkungsweise aller stimulierenden Mittel zusammenfassen. Die Reduktionshypothese würde demnach nicht auf die Grundursache der Zellstimulationserscheinungen gehen und nur eine Teilerklärung derselben darstellen. Die Arbeitshypothesen werden wie jedes Arbeitsinstrument mit der Zeit schlecht und schartig und müssen mit vollkommeneren Instrumenten ersetzt werden. Deshalb habe ich, gleichzeitig mit den Forschungen an Hand der Desoxydationshypothese, nach anderen Merkmalen gesucht, welche allen Zellstimulationsmitteln zu eigen sind, und welche

folglich der Zellstimulationsforschung eine breitere Basis zu geben imstande wären. So entstanden dann (1915, 1922—1924) meine Untersuchungen über die kolloidalen Veränderungen in der lebenden Substanz unter dem Einfluß von zellstimulierenden Mitteln.

Das Zelleben, kolloidal-chemisch betrachtet, ist von einer Reihe kolloidaler Veränderungen begleitet, welche sich in einem Wechsel des Dispersionsgrades der kolloidalen Lösung der lebenden Substanz und folglich auch in ihrem Quellungsvermögen äußert. Der Gehalt an Lösungswasser ist aber von großer Bedeutung für die Lebensprozesse (Bechhold, Wöhler u. a.). Dieselben werden in dem Maße vermindert, als die Entquellung der lebenden Materie fortschreitet. Also steht die Frage nach der Erforschung der Bedingungen, welche die Quellungsfähigkeit der kolloidalen Substanz heben können, im Mittelpunkt des Problems der Aktivierung der Lebensfunktionen. Es war deshalb sowohl von theoretischem als auch von praktischem Interesse, nachzuprüfen, ob die Wirkung der Stimulationsagentien mit einer Hebung der Quellungsfähigkeit der lebenden Substanz einhergeht.

Die mit meinem Kollegen Kyril Seïsoff nach dieser Richtung in den Jahren 1922—1924 durchgeführten Versuche mit Gelatinelösungen führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Bei Zusatz von Stimulationsmitteln in Wasser wird der Gelierungsgrad der Kolloide gesteigert, so daß die darin aufgelöste Gelatine ca. 30% mehr Wasser zu binden imstande ist, als dies eine mit reinem, destilliertem Wasser zubereitete Gelatinelösung tun kann. Diese Feststellung ist von Bedeutung, denn sie läßt die Möglichkeit zu, kolloidale Lösungen, die ihren Imbibitions- und Quellungsgrad mit der Zeit verloren oder vermindert haben, durch geeignete Behandlung, wieder zu heben. Bei der Stimulationswirkung, welche zu einer Hebung der integralen Lebensvorgänge führt, spielen, dem oben Gesagten zufolge, die kolloidalen Veränderungen der lebenden Substanz eine große Rolle, denn dadurch werden die Zellen, pflanzliche oder tierische, was die Wasseraufnahmefähigkeit anbelangt, in den Zustand einer eben befruchteten Eizelle oder in den einer ganz jungen Embryonalzelle zurückversetzt. Der Lösungsgrad der lebenden Kolloide aber steht in engstem Zusammenhang mit der Intensität der Lebensvorgänge.

2. Bei meinen Studien über die Wirkung der Stimulationslösungen habe ich, wie schon erwähnt, festgestellt, daß eine optimale Konzentration existiert, bei welcher die Lebensvorgänge am intensivsten beeinflußt werden. Unter und über der Optimalkonzentration befindet sich die Stimulationswirkung im Auf- bzw. im Abstieg. Auffallend ist nun, daß ein ähnlicher Einfluß der Stimulationslösungen auch auf die Quellungsfähigkeit der Kolloide zu beobachten ist. Es gibt auch hier eine optimale Lösungskonzentration, bei welcher diese Quellungsfähigkeit am stärksten ist. Schwächere bzw. stärkere als

die optimalen Lösungskonzentrationen zeigen einen Auf- bzw. Abstieg in der Beeinflussung der Quellungsfähigkeit der Kolloide, und meine und K. Seisoffs Ermittlungen zeigten, daß die optimale Stimulationskonzentration der Lösungen sich mit der optimalen Quellungskonzentration derselben ziemlich deckt. Diese Parallelität beweist aber, daß die Lebenserscheinungen im engsten Zusammenhang mit kolloidalen Umänderungen in der Zelle stehen. Eine der bemerkenswertesten kolloidalen Umänderungen ist die Hebung der Quellungsfähigkeit der lebenden Substanz.

3. Die Herbeiführung von Bedingungen also, welche die Quellungsfähigkeit der lebenden Substanz heben, ist eine grundlegende Eigenschaft der Zellstimulationsmittel. Das Versetzen der lebenden Substanz in optimale Quellung schafft günstige Bedingungen für den chemischen Metabolismus der Zelle und hat die Hebung der integralen Lebensprozesse zur Folge[1]).

Nach derselben Richtung bewegen sich auch die späteren Untersuchungen meines Kollegen Stephan Konsuloff über die Natur der Zellstimulationsmittel als Agentien, welche die Fähigkeit haben, bei längerer Einwirkung, ein kolloidales System zum Gerinnen zu bringen. Die Verschiebung des kolloidalen Zustandes der lebenden Materie bei der Stimulation ist eine stets begleitende und für den Ablauf der chemischen Prozesse günstig sich einstellende Umänderung. Sie ist aber deshalb nicht das primäre. Die Kolloidalchemie kann uns durch ihre Untersuchungen den optimal günstigsten Aggregatzustand der lebenden Substanz für die Abwicklung der Lebensprozesse angeben und feststellen und auf die Ursachen dieser Veränderungen hinweisen, sie hat aber damit nicht die chemisch komplizierten Umänderungen, deren harmonische Gesamtwirkung wir als Lebenserscheinungen auffassen, erklärt. Diese Erscheinungen bleiben letzten Endes chemisch-physikalischer Natur. Eine generelle Erklärung für den gesamten chemischen Metabolismus der lebenden Substanz kann deshalb nur aus dieser Erkenntnis heraus gegeben werden.

Allgemein genommen sind die Stimulationserscheinungen als Ausdruck der Hebung und Aktivierung der Oxydationsprozesse der lebenden Substanz und als deren Folge der globalen Hebung des chemischen Metabolismus der Zelle aufzufassen.

Diese Beeinflussung der Lebensprozesse ist sowohl durch chemische als auch durch strahlenenergetische Einwirkungen hervorzurufen, was darauf hindeutet, daß im Grunde genommen diese Wirkungsweise auf ein und dieselbe Basis zurückzuführen ist, mit anderen Worten, daß die gleiche Reaktionsbeeinflussung der Lebens-

---

[1]) Wiedergegeben nach Popoff-Seisoff: Über die Steigerung der kolloidalen Quellung durch chemische Stimulationsmittel. Biochemische Zeitschrift, Bd. 156, Heft 1—4, Februar 1925, und Popoff, Exper. Zellstudien IV, 1915.

prozesse auf denselben intimen Ursachen beruhen muß. Um dieses Gemeinsame der chemischen und strahlenenergetischen Einwirkungen zu finden, müssen wir, von den atomistischen Veränderungen bei den chemischen Prozessen ausgehend, den Versuch machen, die Lebensprozesse als Ausdruck dieser Veränderungen aufzufassen.

Nach der Rutherford-Bohrschen Theorie über den Bau des Atoms besteht dieses aus einem zentralen, positiv geladenen Kern, um den, je nach der Kernladungszahl, eine verschieden große Zahl von negativ geladenen Elektronen kreisen. Die chemischen Eigenschaften des Atoms und die Größe des Atomgewichts werden dieser Theorie zufolge hauptsächlich durch den positiv geladenen Kern bestimmt: Es wird angenommen, daß der Atomkern aus zusammengeballten Teilchen (wahrscheinlich Wasserstoffkernen, Heliumkernen, Elektronen) besteht. Das Festgefügte, das schwerer Zerfallende im Atom ist sein Kern; seine Elektronenhülle dagegen, bestehend aus kreisenden, negativ geladenen Elektronen, ist labil und leicht veränderlich.

Für die Labilität der Elektronenhülle des Atoms sprechen unter anderem auch die folgenden elektrischen Erscheinungen:

Für die leichte Ablösung von Elektronen aus der Atomhülle zeugt besonders eindringlich nicht nur die Entstehung der Kathodenstrahlen, bestehend aus einem Strom freier Elektronen, abgelöst aus der Kathode, sondern auch der Photoeffekt. Viele Körper, besonders aber Metalle und Metallegierungen, die von kurzwelligem Licht getroffen werden, emittieren Elektronen, die durch Ablösung von der Atomhülle stammen. Läßt man z. B. auf eine Zinkplatte ultraviolette Strahlen fallen, so entweicht aus derselben negative Elektrizität, und die quantitative Untersuchung zeigt, daß es sich um Emission von freien Elektronen handelt. Wird die Zinkplatte vor der Bestrahlung negativ geladen, so verliert sie ihre Ladung, was darauf hindeutet, daß die freien Elektronen der negativen Ladung (d. h. die aufgetragene Menge freier Elektronen), durch die kinetische Wirkung der ultravioletten Strahlen, von der Zinkplatte mit entweichen.

Das Bestehen eines Photoeffektes beweist aber, daß die Atomhülle vieler Elemente so schwach gefügt ist, daß ihre Elektronen schon durch die kinetische Wirkung des darauffallenden Lichtes abgetrennt werden können: Die Zahl der abgelösten Elektronen ist der Stärke des erregenden Lichtes proportional.

Durch das Ablösen von freien Elektronen (als Folge von strahlenenergetischen Einwirkungen, von Ionisierungsprozessen u. dgl.) wird das Atom ionisiert bzw. wird sein Erregungszustand gesteigert und es werden dadurch Bedingungen für eine beschleunigtere Abwickelung der chemischen Prozesse geschaffen.

Die strahlenenergetische Einwirkung wird aber auch imstande sein, bestehende molekulare Bindungen zu sprengen und dadurch

die Moleküle und Atome ebenfalls in einen angeregteren Zustand zu versetzen bzw. zu ionisieren, d. h. ihnen eine größere chemische Aktivität zu verleihen. Auf diese Weise würden sowohl die Oxydationsprozesse im lebenden Molekül als auch die gesamten chemischen Umwandlungen aktiviert und gehoben werden.

Denselben Effekt würden auch chemische Substanzen hervorrufen können, deren Atome eine labil gebaute Elektronenhülle besitzen und bei denen es infolge von chemischen Umsetzungen zu einer Ablösung von Elektronen bzw. Verschiebung von Elektronen aus ihren äußeren Bahnen kommt, wie z. B. bei K, Na, J, Cu, Ph, S usw. Die kinetische Wirkung dieser abgelösten Elektronen würde dann unter Umständen nach Art der Wirkung von β-Strahlen verlaufen, natürlich mit einer viel schwächeren energetischen Auswirkung.

Aber auch eine andere Möglichkeit der Wirkung der chemischen Verbindungen auf das lebende Molekül ist denkbar. Bei der Adsorbierung von Molekeln (Atome — Ionen) werden dieselben in chemisch angeregteren Zustand überführt. Es werden auf diese Weise ebenfalls die Grundlagen für eine beschleunigtere Abwicklung der chemischen Prozesse geschaffen (katalytische Wirkungen). Es ist also sehr wahrscheinlich anzunehmen, daß die Deformierbarkeit der als Stimulationsmittel angewandten chemischen Substanzen in Parallele mit ihren Stimulationseigenschaften stehen wird. Demnach müßte z. B. die Stimulationswirkung von F, Cl, Br und J eine aufsteigende Reihe aufweisen, da die Deformierbarkeit ihrer Ionen in derselben Richtung zunimmt. Dasselbe würden fast alle senkrechten Reihen des periodischen Systems tun, z. B. bei den Alkalimetallen würde diese aufsteigende Stimulationsreihe von Li — zum Cs steigen, gemäß dem Anwachsen der Deformierbarkeit nach dieser Richtung.

Als Beispiel für die große biologische Bedeutung dieser Konstatierung könnte man auch die größere Wirksamkeit der Schwefelverbindungen im Verhältnis zu den entsprechenden Sauerstoffverbindungen anführen. Bekanntlich ist die Deformierbarkeit des S''-Ions größer als diejenige des O''-Ions usw.

Durch die Wirkung solcher Art chemischer Mittel auf die lebende Substanz werden die chemischen Umsetzungen derselben nicht nur gehoben, sondern auch in andere Bahnen geleitet. Der chemische Metabolismus der Zelle behält dann durch die immerwährende neue Entfachung desselben chemischen Prozesses die einmal eingeschlagene Richtung bei.

Diese Verkettung der chemischen Auslösungsprozesse würde auch eine Grundeigenschaft der Zell- und Samenstimulationseinwirkung erklären, nämlich, daß bei der Samenstimulation, bzw. bei der Entwicklungsanregung der Geschlechtszellen der empfangene Stimulationsanstoß bis zum Abschluß der individuellen Entwicklung anhält.

Es spricht vieles dafür, daß z. B. die in minimalen Mengen vorkommenden mineralischen Bestandteile in der Zelle, ferner die Nukleoproteide des Zellkerns, die Nervensubstanz, die Fermente, Hormone und Vitamine, ihrer Zusammensetzung und Struktur nach, chemisch-energetische Eigenschaften in der oben dargelegten Richtung aufweisen und als solche auf den normalen Ablauf des chemischen Metabolismus der Zelle eine entfachende, steigernde und anregende Wirkung ausüben.

Bei einer chemisch- oder strahlenenergetisch durchgeführten Stimulationseinwirkung wird somit sekundär auch die anregende Wirkung dieser Substanzen intensiviert und trägt auf diese Weise zur globalen Hebung der Lebensprozesse bei.

Die Konsequenzen dieser Auffassung zum Verständnis des Chemismus der Lebenserscheinungen habe ich in meiner Arbeit „Lebensprozesse und Stimulationserscheinungen" (1930) gezogen und eingehend dargelegt.

Die Zellstimulationserscheinungen bestehen folglich in einer allgemeinen Hebung der chemischen Prozesse und an erster Stelle der für die Lebenserscheinungen grundlegenden Oxydationsprozesse. In der Tat sind Beobachtungen vorhanden, welche für eine Oxydationssteigerung nach der Stimulationsbehandlung sprechen. Die Untersuchungen Inmans haben ergeben, daß der Atmungskoeffizient bei starken Mineralsalzkonzentrationen herabgedrückt wird. Bei Darreichung schwacher Giftdosen, die bekanntlich stimulierend wirken, haben Morkowin und Jaleski eine Steigerung der Atmungsintensität feststellen können. Hierher gehören auch die Feststellungen Warburgs über die Förderung der Atmungsvorgänge durch Eisensalze.

Die im theoretischen Teil erörterten Fragen sind in den folgenden Arbeiten von mir näher behandelt worden:

Depression der Protozoenzelle und der Geschlechtszellen der Metazoen. Archiv für Protistenkunde. Festband R. Hertwig, 1907.

Experimentelle Zellstudien I: Über die Teilung der Zelle. Archiv für Zellforschung. Bd. I, 1908.

Exp. Zellstudien II: Über die Zellgröße, ihre Fixierung und Vererbung. Ebenda Bd. III, 1908.

Exp. Zellstudien III: Über einige Ursachen der physiologischen Depression der Zelle. Ebenda Bd. IV, 1909.

Über den Einfluß chemischer Reagentien auf den Funktionszustand der Zelle. Sitzber. d. Gesellsch. f. Morph. u. Phys. in München, 1909.

Exp. Zellstudien IV: Geschlechtsvorgänge, Parthenogenese und Zellverjüngung. Archiv für Zellforschung. Bd. IV, 1914.

Über stimulierende Einwirkungen auf Zell- und Geweberegeneration. Deutsche Med. Wochenschrift, 1915.

Künstliche Parthenogenese und Zellstimulation. Biol. Zentralblatt, 1916.

Über die Behandlung atonischer Wunden mit Äther. Der Militärarzt, 1916.

Stimulierung der geschwächten Zellfunktionen. Rektoratsrede 1920. Ausgabe der Universität Sofia.

Über die Stimulierung der Zellfunktionen. Biol. Zentralblatt, 1922.

Zellstimulation. Naturwissenschaften, 1922.

Die Stimulierung der Zellfunktionen und ihre landwirtschaftliche Bedeutung. Vortrag auf dem Kongreß deutscher Naturforscher und Ärzte, September 1922. Landw. Versuchsstationen, 1923.

Exp. Zellstudien V: Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages. Biol. Zentralblatt, 1923.

Über Zellstimulation und ihre theoretische Begründung. Jahrbuch der Universität Sofia, 1923.

Über Zellstimulation und ihre theoretische Begründung. In erweiterter Form. Zellstimulationsforschungen, 1924.

Les stimulants cellulaires et le fondement théorique de leur action. Journal de physiologie et de pathologie générale. Paris 1923.

Zellstimulation. Theorie und Praxis. Naturw. Korrespondenz, 1923.

Die Zellstimulation des Saatgutes und ihre Bedeutung. Deutsche Landwirtsch. Gesellschaft, 1924.

Sur l'augmentation de la production agricole par la stimulation des semences. Journal de physiologie et de pathologie générale. I. XXI, 1924.

Über theoretische Fragen der Zellstimulation. Zellstforschung, Bd. II, Heft 2, 1926.

Über die Steigerung der kolloidalen Quellung durch chemische Stimulationsmittel (mit Kyril Seisoff). Biochemische Zeitschrift, Bd. 156, 1925.

Die Zellstimulationsforschung in Beziehung zur Medizin. Mediz. Klinik, 1927.

Das Zellstimulationsproblem in Anwendung auf Landwirtschaft und Medizin. Fortschritte der Naturw. Forschung, Heft 3, 1927.

Lebensprozesse und Stimulationserscheinungen. Zellstimulationsforschungen, Bd. III, Heft 4, 1930.

Experimentelle Begründung

Von diesen mich leitenden Hypothesen und theoretischen Auffassungen ausgehend, bin ich zu der Feststellung einer großen Reihe von chemischen und physikalischen Mitteln gekommen, welche bei geeigneter Dosierung und bei optimaler Zeit der Einwirkung angewandt, die Eigenschaft haben, die chemischen Umwandlungen der lebenden Substanz, die Lebensfunktionen zu heben, zu stimulieren. Das eingehende Studium der Wirkungsweise dieser Stimulationsmittel hat nicht nur ein rein theoretisches Interesse, indem es uns erlaubt, einen tieferen Einblick in viele normale Verrichtungen des Organismus zu gewinnen, sondern es ist auch von großer praktischer Bedeutung, sowohl für die Landwirtschaft, als auch für die Medizin. Und so wird die umfassende Erforschung der Zellstimulationserscheinungen zu neuen Fragestellungen führen und auch neue Ausblicke in schon bekannte Forschungsgebiete eröffnen.

I. Teil

I. Zellversuche

A. Stimulationsversuche an freilebenden Zellen

Die Wirkungsweise der Stimulationsmittel, die sich, wie vorher angegeben, auf die verschiedensten Gruppen von anorganischen und organischen Verbindungen verteilen, habe ich zuerst eingehend an einzelligen Organismen studiert, um an diesem leicht zugänglichen Material einen ungefähren Aufschluß über die stimulierende Konzentration des Mittels und über die optimale Zeit seiner Einwirkung zu erlangen. Einen ungefähren Aufschluß, weil diese zwei Stimulationskomponenten, je nach der Zellenart, nicht unerheblichen Schwankungen unterworfen sind.

Als besonders geeignetes Objekt für diese Experimente, die ich zusammen mit meinem Assistenten Herrn Dr. G. Paspaleff ausführte[1]), erwiesen sich die Cysten von Euglenen, und zwar aus folgenden Gründen: Die Zellencystierung tritt dann ein, wenn die Lebensbedingungen ungünstig werden, oder wenn die Zelle in einem

[1]) M. Popoff und G. Paspaleff: Exper. Zellstudien VI, I. Teil: Zur Physiologie des Encystierungsprozesses bei Protozoen. Encystierung und Stimulation. Zellstforschung, Bd. I, Heft 1, 1924; do., II. Teil. Encystierung und Stimulation. Ebenda Bd. I, Heft 2, 1924; do., III. Teil. Encystierung und Stimulation. Ebenda Bd. I, Heft 4, 1925.

Zustand geschwächter Funktion geraten ist. In der Cyste befindet sich die Zelle in einem Zustand von vita minima. Nach dem Aussohlüpfen aus der Cyste tritt die Zelle von neuem in eine Phase energischer Lebensfunktionen ein. Die Cystenbildung ist demnach als ein umregulierender Prozeß aufzufassen. Es mußte demzufolge möglich sein:

1. Einzellige Organismen, welche sich in der normalen Ausübung ihrer Lebensfunktionen befinden, durch künstliche Eingriffe in Depressionszustand zu versetzen und folglich auch die Encystierungsprozesse auszulösen; 2. einzellige Organismen, die vor der Encystierung stehen, durch Einwirkung von stimulierenden Mitteln wieder in den normalen Zustand zurückzuversetzen und 3. muß es außerdem noch möglich sein, durch Einwirkung von zellstimulierenden Mitteln schon encystierte Organismen vorzeitig aus der Cyste ausschlüpfen zu lassen und zu regen Lebensprozessen zu veranlassen.

Als Versuchsobjekt für die Prüfung dieser Fragestellungen wählten wir Euglena gracilis Ehrb. Dieses Flagellat hat den Vorzug, leicht in reinen Kulturen gezüchtet werden zu können. Als Nährsubstanz diente 1 % Peptonlösung mit einem Zusatz von 1 % Acidum citricum. In derselben lebten die Euglenen unter regelmäßiger Auffrischung der Lösung jahrelang. Die Kulturen, welche das Material für die Versuche lieferten, stammten von einem Ausgangstier. Um die Euglenen in Depressionszustand zu versetzen, genügte die Übertragung aus der Nährlösung nach mehrmaligem Abwaschen in reines Wasser oder aber in Wasser, welches schwach mit Ammoniak versetzt war. Nach einiger Zeit verloren die Euglenen ihre lebhaften Bewegungen, der Körper wurde gedrungener, die Chloroplasten verblaßten und wurden unförmlich, das am vorderen Teil sich befindende Stigma verblaßte ebenfalls und die Euglenen verloren die Fähigkeit, sich gegen die Lichtquelle zu orientieren. Sie lagen zerstreut im Kulturglasschälchen, anstatt, wie sonst, sich an der Seite der Lichtquelle anzusammeln. Bei längerer Dauer der Depression wird der Körper noch gedrungener und nimmt schließlich eine leicht ovale Form an, durch Zusammenziehung des Körpers wird ein Teil seines flüssigen Inhaltes ausgepreßt, die äußere Plasmaschicht nimmt hyaline Beschaffenheit an, und es wird eine Cystenhülle als Ausschwitzung aus dem Körper gebildet. In dem encystierten Zustand können die Euglenen wochen- und monatelang verbleiben. Dieser Zustand von vita minima wird aufgehoben, sobald die Bedingungen für eine energische Oxydation, durch Anwendung von zellstimulierenden Mitteln, wie weiter unten gezeigt wird, gegeben sind. So ist uns gelungen, die ansetzende oder schon angefangene Zelldepression durch geeignete Behandlung aufzuhalten und aufzuheben oder die schon fertige Cyste, je nach Belieben, ausschlüpfen zu lassen.

a) Versuche mit depressionierten Euglenen:

Versuch mit $MgCl_2$

Versuch I (15. XII. 1922, 4 Uhr nachm.). Depressionierte Euglenen aus einer großen Ausgangskultur. Die Euglenen unbeweglich und ohne Lichtorientierung am Boden des Kulturschälchens liegend. Davon wurde:

1. ein Teil als Kontrolle gelassen,
2. ein Teil nach 15′ Verbleiben in Wasser (20° C) in frische Nährlösung,
3. ein Teil nach 15′ Behandlung mit 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in Wasser,
4. ein Teil nach 20′ Behandlung mit 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in Wasser,
5. ein Teil nach 20′ Behandlung mit 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in frische Nährlösung,
6. ein Teil von der Ausgangskultur direkt in frische Nährlösung gebracht.

Am 17. XII., 9 Uhr morgens. In Nr. 1, 2, 5 und 6 keine Veränderung, die Depression dauert fort; in Nr. 3 und 4 alle Euglenen normal, mit schnellen Bewegungen. Deutliche Orientierung gegen das Licht. Derselbe Zustand auch am 18. XII.

Also wird durch die Behandlung mit $MgCl_2$-Lösung der Depressionszustand vollständig aufgehoben; die depressionierten Zellen werden aufgefrischt und wieder normal.

Versuch II (20. XII. 1922, 12 Uhr mittags). Von einer in Depression sich befindenden Kultur wurde:

1. ein Teil in Brunnenwasser (20° C) überführt,
2. ein anderer Teil nach 30′ Behandlung mit einer 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in Wasser,
3. ein anderer Teil nach 30′ Behandlung mit einer 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in frische Nährlösung getan.

Am 21. XII., 9 Uhr vorm. In Nr. 1 keine Veränderung; in Nr. 2 alle Euglenen lebhaft beweglich und freischwimmend, mit normaler Lichtorientierung; in Nr. 3 hier und da einige bewegliche Tiere. Auch hier zeigen die mit $MgCl_2$-Lösung behandelten Euglenen eine deutliche Hebung der Lebensfunktionen.

Dieselben Versuche, bzw. solche mit kleinen Variationen wurden mehrmals mit genau denselben Endresultaten angestellt.

b) Versuche mit encystierten Euglenen

Um die Encystierung einer normalen Kultur von Euglenen zu veranlassen, genügt es, dieselben durch mehrmaliges Zentrifugieren von der Nährlösung abzuwaschen und in reines Wasser zu versetzen. Der Nahrungsmangel löst nach 24 bis 48 Stunden den Encystierungsvorgang aus. Die encystierten Euglenen bilden zu Tausenden und Abertausenden zusammengepreßt dicke Cystenhäutchen. Möglichst

gleich große Stücke wurden aus denselben jedesmal mit feinem Messer herausgeschnitten, verschieden lange in der Stimulationslösung gehalten, dann sorgfältig mehrmals mit Wasser abgespült, in abgestandenes Leitungswasser gebracht und das Resultat der Behandlung nach Vergleich mit mindestens zwei gleicherweise angelegten unbehandelten Cystenkontrollen (in abgestandenem Leitungswasser — Wasserkontrollen) festgestellt. Mit jedem Stimulationsmittel wurden eingehende Versuche mit verschiedenen Lösungskonzentrationen, bei verschiedenen Zeiten der Einwirkung angestellt, so daß jeder erste Versuch groß und kompliziert wurde. Nach Feststellung der optimalen Stimulationskonzentration und der optimalen Zeit der Einwirkung wurde dann in diesen festgesetzten Grenzen der Stimulationsversuch drei- bis fünfmal wiederholt. (Bei der Besprechung der Versuche will ich hier nur ihre vereinfachte Anstellung und dies in sehr zusammengedrängterForm wiedergeben.) Die Kontrollen zeigten durchweg bei allen Versuchen 5—10 % aufgewachte Euglenen, was auf die Reizung zurückzuführen ist, welche die peripher gelagerten Cysten des Cystenhäutchens bei dem Durchschneiden erfahren.

Versuch I (13. X. 1922). In den Anfangsstadien einer beginnenden Encystierung wurden aus der Ausgangskultur folgende Kulturen abgezweigt:

1. In Wasser (20° C),
2. Nach 5′ Behandlung mit 30 ‰ $MgCl_2$ — in Wasser.

24 Stunden später: In Nr. 1 alle Euglenen encystiert, in Nr. 2 die Euglenen normal und lebhaft beweglich. Nach 4 Tagen: In Nr. 1 derselbe Zustand, in Nr. 2 ein kleiner Teil der Euglenen encystiert, die übrigen lebhaft beweglich.

Somit genügte eine Behandlung von nur 5 Minuten mit $MgCl_2$, um den ansetzenden Encystierungsprozeß zu unterbrechen und die Euglenen in ihren normalen Zustand zurückzuversetzen. Ähnliche Resultate zeigten auch andere Versuche. So Versuch II (15. XII. 1922) mit Euglenen, welche im Anfangsstadium der Encystierung standen: 1. die eine Hälfte davon wurde ins Wasser übertragen, 2. die andere Hälfte dagegen erst nach vorheriger 15 Minuten Behandlung mit 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in Wasser getan. 2 Stunden nach Beginn des Versuches: Bei Nr. 1 die Encystierung schreitet weiter fort, bei Nr. 2 die Euglenen dagegen munter und lebhaft beweglich. Nach 24 Stunden in Nr. 1 alle Euglenen encystiert, in Nr. 2 alle Euglenen beweglich und normal.

Sowohl diese beiden, als auch andere ähnliche Versuche zeigen, wie schnell und sicher die lebensstimulierende Wirkung des $MgCl_2$ auf die in Encystierung begriffenen Euglenen ist. Schon 2 Stunden nach der Behandlung ist die Wirkung des $MgCl_2$ zu spüren: die Euglenen kehren im Vergleich zu den unbehandelt gebliebenen Kontrollen in den normalen Funktionszustand zurück. Diese Lebens-

auffrischung dauerte bis zum 22. XII. 1922, also 7 Tage nach der Behandlung, an welchem Tage die Encystierung der Euglenen auch in Nr. 2 von neuem begann, um 4 Tage später zu Ende geführt zu werden.

Nicht geringer ist die Wirkung des $MgCl_2$ auf das Aufleben der schon fertig encystierten Euglenen, wie dies aus den folgenden Versuchen zu ersehen ist:

Versuch III (12. X. 1922, 10 Uhr vorm.). Encystierte Euglenen wurden übertragen:

1. In dasselbe Wasser, in welchem die Encystierung vor sich gegangen war;
2. in frisches Wasser;
3. nach vorheriger 15 Min. Behandlung mit 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung in Wasser;
4. in frische Nährlösung.

4 Stunden nach Beginn des Versuches: In Nr. 1, 2 und 4 keine Veränderung, in Nr. 3 ein großer Teil der Cysten ausgeschlüpft. 24 Stunden später: Nr. 1, 2 und 4 unverändert, in Nr. 3 alle Cysten ausgeschlüpft. Nach 5 Tagen: In Nr. 1, 2, 4 keine Veränderung, Nr. 3 wie vorher, nur ein geringer Teil der Euglenen zeigt Ansätze zur Encystierung. Nach 7 Tagen: Die meisten Euglenen in Nr. 3 von neuem encystiert.

Bei Behandlung der Cysten mit $MgCl_2$-Lösung ist ein energisches und rasch ansetzendes Ausschlüpfen derselben herbeizuführen. Die Wirkung des $MgCl_2$ ist schon 4 Stunden nach der Behandlung deutlich zu konstatieren. Die hier vorgetragenen Resultate über die Wirkung des $MgCl_2$ als Lebensstimulans wurden durch mehrfach wiederholte und immer genau so günstig ausfallende Versuche bekräftigt.

Um die Wirkung der $MgCl_2$-Lösung zu erhöhen, haben wir dieselbe mit HCl leicht angesäuert aus der Überlegung heraus, der Lösung aktive H-Ionen zuzufügen und auf diese Weise günstig auf den Verlauf der Lebensfunktionen einzuwirken. Die Versuche bestätigten die Erwartungen.

Versuch IV. Am 26. XII. 1922 wurden encystierte Euglenen:

1. in Wasser,
2. nach vorherigem 30 Min. Verbleiben in schwach mit HCl angesäuertem Wasser — in Wasser,
3. nach vorherigem 30 Min. Verbleiben in 30 ‰ $MgCl_2$-Lösung — in Wasser und
4. nach vorherigem 30 Min. Verbleiben in mit HCl angesäuerter $MgCl_2$-Lösung — in Wasser getan.

Am 28. XII.: In Nr. 1 und 2 keine Veränderung, alle Euglenen verharren in encystiertem Zustand; in Nr. 3 viele ausgeschlüpfte Euglenen, 50—60 Exemplare im Gesichtsfeld, alle lichtorientiert; in Nr. 4 die Zahl der ausgeschlüpften Euglenen 4—5mal größer als in Nr. 3, alle lichtorientiert, im Gesichtsfeld 100 bis 200 Exemplare.

Aus dem Verlauf dieses Versuches tritt die günstigere Wirkung der angesäuerten $MgCl_2$-Lösung auf die Lebensprozesse der Zelle deutlich hervor.

Versuche mit $MgSO_4$

Durch Serienversuche mit Lösungen von 50 ‰, 40 ‰, 30 ‰, 20 ‰, 5 ‰ und 1 ‰ bei verschiedener Zeit der Einwirkung wurde festgestellt, daß z. B. bei der Lösung 20 ‰ bei einer Behandlungszeit von 60 Minuten ca. 75 % der Cysten aufwachen.

Versuche mit KCl

25. VIII. 1923, 7 Uhr nachmittags					
Lösungen	Einwirkungsdauer in Minuten				
20 ‰	15	30	45	60	Wasserkontrollen
10 ‰	20	40	60	80	
5 ‰	30	60	90	120	
2,5 ‰	30	60	90	120	

Am 26. VIII., 9 Uhr vorm. Lösung 20 ‰. Nach 15 Minuten ca. 40—50 % der Cysten aufgewacht; nach 30 Minuten ca. 50—60 %; nach 45 Minuten ca. 70 % und nach 60 Minuten Behandlung ca. 95 % der Cysten aufgewacht. — Lösung 10 ‰. Das Maximum der Aufwachungen — 90—95 % — wird nach 80 Minuten Behandlung erreicht.

Und bei Lösungen 5 ‰ und 2,5 ‰ tritt dieses Maximum erst nach einer Behandlung von 120 Minuten ein.

Die Euglenen aus den stimulierten Kulturen sind gesund und munter, mit lebhaften Bewegungen.

Die Versuche mit KCl zeigen deutlich den Zusammenhang zwischen der Konzentration der Stimulationslösung und der Einwirkungszeit. Je schwächer die Konzentration, desto länger muß die Einwirkungszeit sein. Bei Verminderung der Konzentration auf die Hälfte muß die Einwirkungszeit fast verdoppelt werden. Natürlich bleibt diese Gesetzmäßigkeit, wie auch aus anderen Versuchen zu ersehen sein wird, nur für bestimmte Konzentrationsgrenzen bestehen; beim Überschreiten derselben, nach oben oder nach unten, geht sie verloren.

Versuche mit KBr

Es wurde die Wirkung folgender Konzentrationen: 0,25 ‰, 0,5 ‰, 1 ‰, 2 ‰ und 5 ‰ bei Einwirkungsdauer von 5, 10, 15 usw. bis 60 Minuten untersucht. Die optimale stimulierende Wirkung wurde bei Konz. 5 ‰ und bei Einwirkungszeit von 20 Minuten erreicht: ca. 90 % der Cysten schlüpften aus. Bei 30 Minuten fällt die Zahl der aufgewachten (= ausgeschlüpften) Euglenen auf 50 % und bei 35 und 40 Minuten auf 25—30 %. Also geht bei längerer Dauer

der Einwirkung oder beim Steigern der Konzentration über 5 ‰ die stimulierende Wirkung zurück — es tritt die narkotisierende Phase, die Phase der Überstimulation, ein.

Versuche mit $KBrO_3$

Die eingehenden Versuche mit Konzentrationen hauptsächlich von 0,125 ‰, 0,25 ‰, 0,5 ‰, 1 ‰, 2 ‰, 5 ‰ haben ergeben, daß die optimale stimulierende Konzentration bei 1 ‰ liegt, und zwar bei Behandlungsdauer von 20 Minuten, wobei ca. 90 % aller Cysten ausschlüpfen.

Versuche mit KJ

25. VIII. 1923

Lösungen	Einwirkungsdauer in Min.				
1 ‰	15	30	45	60	
0,5 ‰	20	40	60	80	Wasserkontrollen
0,25 ‰	30	60	90	120	
0,125 ‰	30	60	90	120	

Am 26. VIII., 9 Uhr vorm. In den Kontrollen 15 %—20 % der Cysten aufgewacht und dann die meisten von neuem encystiert. Die aufgewachten Exemplare stammen vom Rand des Cystenhäutchens.

Lösung 1 ‰: Nach 15 Minuten bis 50 % der Cysten aufgewacht und dann viele von neuem encystiert.

Nach 30 Minuten Behandlungszeit — ca. 80 % der Cysten aufgewacht, die Hälfte davon von neuem encystiert, die andere Hälfte munter, lichtorientiert, schnell beweglich. Nach 10 Minuten Behandlung ca. 10 % der Cysten aufgewacht, die Hälfte davon von neuem encystiert. Nach 60 Minuten — nur 20—30 Exemplare aufgewacht, mit schlaffen Bewegungen.

Lösung 0,5 ‰. Nach 20 Minuten — ca. 75 % aufgewacht, fast die Hälfte davon von neuem encystiert. Nach 40 Minuten — ca. 95 % aufgewacht, davon 1/3 vor neuer Encystierung stehend. Nach 60 Minuten ca. 50 % aufgewacht und nach 80 Minuten — 10 %.

Lösung 0,25 ‰. Nach 30 Minuten — ca. 80 % aufgewacht und bei 60 Minuten — ca. 90 % der Cysten aufgewacht, alle Euglenen sind munter, von gesundem Aussehen und sehr lebhaften Bewegungen. Bei Erhöhung der Behandlung auf 90 Minuten fällt die Zahl der ausgeschlüpften Cysten von neuem auf 50 %, um bei 120 Minuten Behandlung auf 20 % herabzusinken.

Lösung 0,125 ‰. Bei 90 Minuten Behandlung schlüpfen ca. 60—70 % der Cysten aus, bei 120 Minuten — nur ca. 10 %.

Die Versuche mit den verschiedenen Abstufungen in der Konzentration der Lösungen von KJ zeigen, daß die optimale Konzentration für Euglena gracilis bei 0,25 ‰ und bei Behandlung von

60 Minuten liegt. Zwar haben wir auch mit den Lösungen 1 ‰ und 0,5 ‰ nach einer Behandlung von 30 und 40 Minuten fast den gleichen Prozentsatz von Ausschlüpfungen bekommen, aber die aufgewachten Euglenen waren bei weitem nicht so munter wie diejenigen, welche bei der optimalen Konzentration und bei der optimalen Zeit der Einwirkung aufgewacht waren.

Versuche mit KJO_3

Durch ähnlich angestellte Versuche wurde festgestellt, daß die optimale Stimulationskonzentration der KJO_3-Lösung bei 0,5 ‰ und bei Einwirkungsdauer von 20 Minuten liegt, es schlüpfen dabei 80 bis 85 % der Cysten aus; bei Behandlung von 25 Minuten fällt diese Zahl auf 65—70 % herab.

Versuche mit KNO_3

Die Versuche ergaben, daß die optimale Stimulationskonzentration bei 10 ‰ liegt, und zwar steigt die Zahl der ausgeschlüpften Euglenen von der Behandlung von 10 Minuten anfangend allmählich an, bis sie bei der Behandlung von 60 Minuten den Höhepunkt mit ca. 80 % aufgewachten Euglenen erreicht. Die ausgeschlüpften Euglenen sind lebhaft beweglich und lichtorientiert, nur vereinzelte Euglenen stehen vor neuer Encystierung.

Versuche mit NaBr

Durch wiederholte Nachprüfungen konnten wir feststellen, daß die optimale Stimulationskonzentration für das NaBr bei einer Lösung von 5 ‰, und zwar bei einer Behandlungsdauer von 10 Minuten liegt. Die Zahl der ausgeschlüpften Euglenen steigt dann auf 85—90 %; bei 20 Minuten Behandlung beträgt diese Zahl 50—60 %; bei 30 Minuten 50 % und bei 40 Minuten — ca. 20—25 %.

Versuche mit NaJ

Das NaJ zeigt eine schwächere Wirkung als das KJ. Die stimulierende Wirkung ist deutlich ausgeprägt bei der Lösungskonzentration von 1 ‰ und der Behandlungszeit von 30 Minuten. Die Zahl der aufgewachten Cysten steigt dann auf 40—45 %.

Versuche mit KH_2PO_4

Das KH_2PO_4 zeigt mittelstarke Stimulationseigenschaften. Die optimale Wirkung wird erreicht bei Konzentration 10 ‰ und Einwirkungsdauer von 40 Minuten, wobei ca. 50 % der Cysten ausschlüpfen. Bei 15 Minuten Behandlung macht diese Zahl nur 15 % aus und bei 60 Minuten — höchstens 2—3 %.

Versuche mit Kal. arsenicosum

6. IX. 1923, 6 Uhr nachmittags

Lösungen	Einwirkungsdauer in Minuten				
0,1 ‰	5	10	15	30	Wasserkontrollen
0,05 ‰	5	10	20	40	
0,025 ‰	5	15	30	60	

7. IX., 8 Uhr vorm. In den Kontrollen nur 2—3 % der Cysten aufgewacht, $^2/_3$ davon von neuem encystiert, die übrigen Euglenen mit langsamen Bewegungen.

Lösung 0,1 ‰: Nach 5 Min. Behandlung — ca. 50 % der Cysten aufgewacht, lichtorientiert, ein großer Teil von neuem encystiert, die freischwimmenden Euglenen mit trägen Bewegungen. Nach 10, 15 und 30 Minuten ist die Zahl der aufgewachten Cysten sehr gering, nur 40—50 Exemplare (2—3 %), viele davon stehen vor neuer Encystierung.

Lösung 0,05 ‰: Nach 5 Minuten Behandlung alle Cysten aufgewacht (100 %), lichtorientiert, nur ca. 10 % davon vor neuer Encystierung stehend. Die übrigen Euglenen in lebhafter Bewegung und mit gesundem Aussehen. Nach 10 Minuten Behandlung fällt die Zahl der aufgewachten Cysten sofort auf 5—10 % herunter. Dieses ist ein eklatantes Beispiel, wie wichtig es bei den Stimulationsmitteln ist, die richtige Dauer der Einwirkung festzustellen. Nach 20 Minuten Behandlung ist die Zahl der aufgewachten Cysten wie bei den Kontrollen nur 2—3 %; bei 40 Minuten fällt diese Zahl schon unter die der Kontrolle.

Lösung 0,025 ‰: Nach 5 Minuten Behandlung ist die Zahl der aufgewachten Cysten 97—98 %, die Euglenen munter und von gesundem Aussehen; nach 15 und 20 Minuten Behandlung sinkt diese Zahl auf 10 % herunter; nach 60 Minuten Behandlung ist kein Unterschied von der Kontrolle.

Das Kal. arsencosum ist somit ein sehr starkes und sicher wirkendes Stimulationsmittel.

Versuche mit $CaH_4(PO_4)_2$

Eine gute stimulierende Wirkung ergab die Lösung von 0,5 ‰: Bei 15 Minuten Behandlung war die Zahl der ausgeschlüpften Cysten 40—45 %; nach 30 und 60 Minuten Behandlung stieg diese Zahl auf 90—95 %, um dann bei längerer Behandlung wieder herabzusinken. Bei den Kontrollen, wie gewöhnlich, war die Zahl der ausgeschlüpften Cysten ca. 8—10 %.

Versuche mit $MnSO_4$

Als optimale Stimulationskonzentration wurde die Lösung 10 ‰ gefunden: Nach 10 Minuten Behandlung ist die Zahl der ausgeschlüpften Cysten 15—20 %, diese Zahl steigt aber auf 90—95 % bei

20 Minuten Behandlung, um bei längerer Behandlungsdauer wieder zu sinken, und zwar nach 30 Minuten — auf 60—65 % und nach 50 Minuten Behandlung auf 50 %. Bei diesen Versuchen war das An- bzw. Abschwellen der Stimulationswirkung besonders deutlich ausgeprägt. Diese Versuche, mehrmals mit demselben Resultat wiederholt, ergaben, daß das $MnSO_4$ ein gutes Stimulationsmittel ist.

Versuche mit $Mn(NO_3)_2$

Eine schwächere Stimulationswirkung zeigt das $Mn(NO_3)_2$. Bei Konzentration 20 ‰ und bei 20 Minuten Behandlung schlüpfen ca. 50 % der Cysten aus; die ausgeschlüpften Euglenen sind lebhaft beweglich.

Versuche mit $FeSO_4$

Die $FeSO_4$-Lösungen zeigen eine schwache Stimulationswirkung, mindestens bei den Konzentrationen 2,5, 5, 10, 20 ‰. Die günstigste Stimulation ergab noch die Lösung 20 ‰, bei 60 Minuten Einwirkung: die Zahl der ausgeschlüpften Cysten betrug aber höchstens 20 %.

Fast keine stimulierende Wirkung auf die Euglenen-Cysten zeigten die verschiedensten Lösungskonzentrationen von Fe_2Cl_6.

Außerordentlich günstige Stimulationsresultate erhielten wir durch Anwendung von verschiedenprozentigen Kombinationen von $MgCl_2$, KJ, $MgSO_4$, $Mn(NO_3)_2$ usw. Z. B. sehr günstig erwies sich die Kombination 1. $MgCl_2$ 10 ‰ + KJ 0,25 ‰ und besonders die Mischung von 2. $MgCl_2$ 15 ‰ + KJ 0,125 ‰. In der ersten Kombination schlüpften nach 60 Minuten Behandlung ca. 50 % der Cysten aus. Von den Cysten, welche mit der zweiten Kombination 10 Minuten behandelt wurden, schlüpften ca. 95 % der Cysten aus; nach 20 Minuten Behandlung fällt die Zahl auf 75 % und nach 30 und 40 Minuten Behandlung ist die Zahl der ausgeschlüpften Cysten gleich derjenigen der Kontrolle.

Kombinationen von $MgCl_2$, $Mn(NO_3)_2$ und KJ (VIII. 1923)

Von den vielen nach dieser Richtung untersuchten prozentualen Kombinationen besonders günstig erwies sich die Kombination $MgCl_2$ 5 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KJ 0,125 ‰. Bei Behandlung von 15 Minuten war die Zahl der ausgeschlüpften Cysten 15 %; nach 30 Minuten Behandlung stieg diese Zahl auf 30—40 %, um bei 60 Minuten — 100 % zu erreichen. Die ausgeschlüpften Euglenen sind alle mit lebhaften Bewegungen.

Ungünstige Resultate ergaben für die Euglenen dagegen unter anderem die Lösungen: 1. $MgCl_2$ 10 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 10 ‰ + KJ 0,25 ‰; 2. $MgCl_2$ 5 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 10 ‰ + KJ 25 ‰ oder 3. $MgCl_2$ 10 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KJ 0,25 ‰ u. a.

Aus diesen Versuchen geht hervor, wie wichtig es für den Erfolg von Stimulationsexperimenten ist, die richtige Kombination der einzelnen Komponente zu treffen; denn bei kleinen Abweichungen von der richtigen prozentualen Zusammensetzung fällt die stimulierende Eigenschaft rasch ab.

Diese Feststellung wird unterstützt auch durch folgende Versuche:

Kombinationen von $MgSO_4$ + KJ (XI. 1923)

$MgSO_4$ 15 ‰ + KJ 0,25 ‰. Bei 20 Minuten Behandlung 60 bis 70 % der Cysten aufgewacht, nach 30 Minuten — 40—50 %.

$MgSO_4$ 15 ‰ + KJ 0,125 ‰. Nach 15 Minuten Behandlung alle Cysten (100 %) aufgewacht, nach 45 Minuten — 50 % und nach 60 Minuten — 20 %.

Versuche mit Chloroform

Eine ziemlich gute stimulierende Wirkung ergab die Lösung von einem Tropfen Chloroform auf 10 ccm Wasser, und zwar schlüpften bei Behandlung von 40 Minuten — 20 % der Cysten aus, bei 50 Minuten — 35 %, bei 60 Minuten — 45 % und bei 70 Minuten — 60 %. Bei weiterer Steigerung der Einwirkungszeit tritt ein abermaliges Abfallen in der Zahl der Ausschlüpfungen ein.

Versuche mit Äthylalkohol

Nach vielen eingehenden Versuchen haben wir feststellen können, daß eine 10 ‰-Lösung von Äthylalkohol außerordentlich starke stimulierende Wirkungen hat. Nach 15 Minuten Behandlung schlüpfen 100 % der Cysten aus; bei Behandlung von 30 Minuten sinkt die Zahl der ausgeschlüpften Euglenen auf 75 %. Bei längerer Behandlung — 60 und 120 Minuten hört diese bemerkenswerte stimulierende Wirkung auf.

Bei 5 ‰ Alkohollösung und bei 15 Minuten Behandlung schlüpfen 50 % der Cysten aus, ohne daß sich diese Zahl bei längerer Behandlung besonders steigert.

Die stark wachstumsfördernde Wirkung des Alkohols (bei Alkoholgehalt 0,49—0,32 im Nährboden) bzw. des Kal. Ars. ($^1/_{200\,000}$ im Nährboden) auf die Bakterien (Größenzunahme der Kolonien bis zu 100 %) geht, in Einklang mit den hier besprochenen Versuchen, auch aus der Arbeit von Barnewitz (1925) hervor[1]).

Starke stimulierende Wirkung zeigt auch das

Glyzerin.

[1]) I. Barnewitz: Die Tuschekulturmethode als Verfahren zur Untersuchung entwicklungshemmender und entwicklungsfördernder Mittel. Zeitschr. d. Hyg., Bd. 104, 1925.

Bei einer Konz. von 10 ‰ und bei Einwirkung von 60 Min. schlüpfen ca. 75—80 % der behandelten Cysten aus.

Bei Konz. 5 ‰, die noch stimulierend wirkt, muß die Behandlungszeit auf das Doppelte erhöht werden, um dieselbe Wirkung zu erreichen. Diese Regelmäßigkeit ist deutlich ausgeprägt nur bei solchen Stimulationsmitteln, deren Stimulationskonzentrationsbereich ein größerer ist.

Versuche mit Glyzerinphosphorsäure

Die Glyzerinphosphorsäure ist ebenfalls ein ausgezeichnetes Stimulans. Bei Lösungskonzentration 0,5 ‰ und bei Behandlung 10 Min. schlüpfen 85—90 % der Cysten aus; diese Zahl steigert sich nach 20 Min. Behandlung bis auf 100 %. Nach 30 Min. Behandlung fällt diese Zahl auf 30—40 % und nach 40 Min. Behandlung schlüpfen nur noch einzelne Cysten aus. Derselbe deutliche Auf- bzw. Abstieg ist auch bei der Behandlung mit einer Lösung von 0,25 ‰ zu beobachten. Bei 10 und 20 Min. Behandlung ist hier die Zahl der ausgeschlüpften Cysten kaum größer, als bei den Kontrollen; bei 30 Min. Behandlung steigt dieselbe auf 85—90 %, um bei 40 Min. Behandlung 100 % zu erreichen. Die Verminderung der Lösungsstärke auf die Hälfte steigert die optimale Einwirkungsdauer auf das Doppelte. Diese Abhängigkeit bleibt aber, wie erwähnt, nur in bestimmten Konzentrationsgrenzen bestehen.

Versuche mit Äther

Bemerkenswerte stimulierende Eigenschaften zeigt eine 0,5 ‰-Ätherlösung bei Behandlung von 45 Min.: es schlüpfen dabei 80 bis 85 % der Cysten aus, encystieren sich aber nach einigen Stunden von neuem. Die rasche Neuencystierung der ausgeschlüpften Euglenen zeigt, daß der Stimulationseffekt in diesem Fall nur von kurzer Dauer ist. Die Ursache dafür ist die, daß diese Einwirkung sich an der Schwelle zwischen der Stimulations- und Überstimulationsphase befindet.

Versuche mit Methylal

Eine sehr günstige Stimulationswirkung — Ausschlüpfungen bis zu 95 % — zeigt das Methylal bei Konz. 1 ‰ und bei Behandlungsdauer von 60 Min. Über und unter dieser Behandlungszeit ist die Zahl der ausgeschlüpften Cysten sehr gering.

Die Konzentration 0,5 ‰ zeigt hingegen schon sehr schwache stimulierende Wirkungen.

Die Versuche mit Methylal sind sehr eingehend durchgeführt worden. Sie zeigten uns von neuem, welch große Bedeutung für das Gelingen eines Stimulationsversuches die genaue Feststellung der Lösungskonzentration und der Zeit der Einwirkung derselben

hat, und wie schwierig es manchmal ist, die genaue Stimulationskonzentration festzustellen.

Sehr interessante und auffallend günstige Stimulationseffekte ergaben die

Versuche mit Formaldehyd

Besonders günstig wirken die Verdünnungen von 0,4 ‰ und 0,2 ‰. Bei fast unveränderten Kontrollen zeigten die mit den Lösungen 0,4 und 0,2 ‰ 15 Min. lang behandelten Cysten über 90 % Ausschlüpfungen. Die Euglenen waren besonders munter und mit lebhaften Bewegungen.

Versuche mit Aceton

Nach vielen Versuchen wurde konstatiert, daß die stimulierende Konzentration bei 0,5 ‰ liegt. Bei 15 Min. Behandlung schlüpften fast 50 % der Cysten aus. Nach 30 und 60 Min. Behandlung schlüpfen auch 20—30 % der Cysten aus, encystieren sich aber nach höchstens 24 Stunden von neuem. Der so empfangene Anstoß zur erhöhten Lebenstätigkeit ist in diesem Falle nur von kurzer Dauer.

Versuche mit Ameisensäure

Eine besonders starke und beachtenswerte stimulierende Wirkung zeigt die Ameisensäure. Bei einer Konz. von 0,25 ‰ angewandt und bei Behandlung von nur 5 Min. schlüpfen über 95 % aller Cysten aus. Die Euglenen sind munter und mit lebhaften Bewegungen. Nach 10 Min. Behandlung fällt schon die Zahl der ausgeschlüpften Cysten auf 50 %, nach 15 Min. Behandlung sind es nur noch 15—20 %, während in den Kontrollen nur 5 % ausschlüpfen.

Bei Lösungskonz. von 0,125 ‰ und bei Behandlung von 15 Min. wachen 60—70 % der Cysten auf. Diese Zahl steigt bei 30 Min. Behandlung auf 95 %. Bei 45 Min. schlüpfen nur noch 5 % der Cysten aus.

Diese und viele andere ähnlich verlaufende Versuche zeigen, daß die Ameisensäure ein gut wirkendes Stimulans ist, aber in sehr eng gezogenen Grenzen, was Konzentration und Behandlungsdauer anbelangt. Dies ist von großer Wichtigkeit bei ihrer Anwendung in der Therapie. Die beachtenswerten Resultate, welche Reuter bei Neurosen durch Einspritzung von Ameisensäure erhalten hat, sind, wie auch der Autor in Anlehnung an meine Stimulationsforschungen annimmt, als Zellstimulationswirkungen aufzufassen.

Eine schwache Stimulationswirkung zeigt die

Glukose

In Konz. von 2 ‰ und bei Behandlung von 30—60 Minuten angewandt, schlüpfen ca. 50—60 % der Cysten aus. Bei 70 Min. Be-

handlung fällt die Zahl der Ausschlüpfungen auf einmal unvermittelt auf 20—25 %, ein Zeichen, wie schnell die Überstimulationsphase bei manchen Stimulationsmitteln eintritt.

Versuche mit Chinasäure

Stark stimulierend erwies sich die Lösung 0,1 ‰. Bei Behandlung von 10 Min. schlüpfen 45 %, bei 20 Min. — 55 % und bei Behandlung von 30 Min. — 100 % der Cysten aus. Nach 40 Min. Behandlung fällt der Prozentsatz von neuem auf 30—40 % herab. Die Euglenen sind munter und lebhaft beweglich.

Diese stark stimulierende Wirkung der Chinasäure ist beachtenswert, sie könnte uns das Bild der therapeutischen Anwendung der Chinasäure in mancher Hinsicht vervollständigen und verständlich machen. Ihre Wirkung bei Erkältungszuständen z. B. ist als eine Stimulationswirkung aufzufassen, als deren Folge die Hebung der Gesamtfunktionen des Organismus und die Überwindung des anormalen Zustandes der Zellen zu betrachten ist.

Versuche mit Phenol

Eine mäßig stimulierende Wirkung zeigt das Phenol bei einer Konzentration von 0,01 ‰: Nach 50 Minuten Behandlung schlüpfen ca. 50 % der Cysten aus. Die aufgewachten Euglenen sind aber nicht sehr munter; sie encystieren sich nach 12—14 Stunden von neuem.

Versuche mit Pikrinsäure

Stimulierende Wirkung zeigen die Lösungen von 0,1 ‰ und 0,05 ‰. Bei der Lösung 0,1 ‰ schlüpfen nach 5 Min. Behandlung ca. 25 % und nach 10 Min. — ca. 50 % der Cysten aus. Nach 15 Min. fällt die Zahl der ausgeschlüpften Euglenen auf 30 % und nach 20 Min. — auf 8—10 %. Dasselbe An- und Abschwellen in der Stimulationswirkung zeigt auch die Lösung 0,05 ‰. Das Maximum der Ausschlüpfungen — 40 % wird hier bei 20 Minuten Behandlung erreicht.

Eine starke stimulierende Wirkung zeigt das

Brenzcatechin

In der optimalstimulierenden Lösung von 0,05 ‰ gehen die Ausschlüpfungen folgenderweise vor sich: nach 15 Min. Behandlung schlüpfen ca. 30 %, nach 30 Min. ca. 45 %, nach 40 Min. — ca. 70 % und nach 50 Minuten — ca. 85—90 % der Cysten aus.

Versuche mit Chinon

Nach 10 Min. Behandlung in der Lösung 0,125 ‰ schlüpfen ca. 70 % der Cysten aus und bei 15 Min. ca. 50 %. Die ausgeschlüpften Euglenen sind mit trägen Bewegungen und zeigen die Neigung zur neuen Encystierung, was darauf hindeutet, daß das Chinon in dieser

Konzentration nicht besonders starke und anhaltende Stimulationseigenschaften entwickelt.

Versuche mit Gallussäure

Die optimale Stimulationskonzentration für die Gallussäure ist 0,05 ‰. Nach 40 Min. Behandlung ist die Zahl der ausgeschlüpften Cysten 75 %, nach 50 Min. — 100 %, um nach 60 Min. Behandlung wieder auf 50 % herabzusinken. Die Gallussäure erwies sich demnach als ein besonders günstig wirkendes Stimulans.

Eine etwas schwächere Stimulationswirkung zeigt die

Pyrogallussäure

Bei Konz. 0,5 ‰ und 15 Min. Behandlung schlüpfen ca. 50 % der Cysten aus.

Eine besonders energisch stimulierende Wirkung auf die Lebensvorgänge übt das

Tannin

aus. Nach Behandlung von 45 Min. mit einer 1 ‰-Tanninlösung schlüpfen schon nach 7 Stunden alle Cysten aus.

Eine sehr starke Stimulationswirkung, mit 100 % Ausschlüpfen der Cysten bei Behandlung von 15 Min. zeigt auch die Kombination

0,5 ‰ Tannin + 0,25 ‰ KJ.

Nach 30 Min. Behandlung fällt die Zahl der Ausschlüpfungen auf 75 % und nach 60 Min. auf 60—65 %.

Dieser ausgezeichneten Stimulationswirkung reiht sich auch die Lösungskombination

0,5 ‰ Tannin + 5 ‰ Glyzerin

an: Nach 10 Min. Behandlung schlüpfen ca. 30 % der Cysten aus. Diese Zahl steigt nach 30 Min. Behandlung auf 50 % und nach 40 Min. — auf 100 %. Nach 50 Min. Behandlung fällt die Zahl der Ausschlüpfungen auf 30—40 %, um nach 60 Min. Behandlung auf 20 bis 25 % herabzusinken.

Versuche mit Alloin

Bei Behandlung der Cysten 30 Min. mit einer 1 ‰-Lösung schlüpfen 80 % derselben aus. Bei 60 Min. Behandlung fällt diese Zahl auf 40—50 %. Bei der Lösung 0,5 ‰ wachen nach 30 Min. Behandlung 30—35 % der Cysten auf; nach 60 Min. Behandlung ist die Zahl der aufgewachten Cysten, wie bei der Lös. 1 ‰ nach 30 Min. Behandlung, d. h. ca. 80 %. Auch hier zeigt sich die Abhängigkeit zwischen Konz. der Lösung und der Behandlungsdauer.

Die Anwendung der Alloinlösung muß sofort nach der Herstellung geschehen; durch das Liegenbleiben oxydiert sich die Lösung schnell und verliert an Wirksamkeit. Dasselbe gilt auch für die Lösungen von Gallus- und Pyrogallussäure und von Tannin.

Versuche mit Indol

Die zahlreichen Versuche haben ergeben, daß nach Behandlung von 50 Min. mit einer Lösungskonzentration von 0,05 ‰ ca. 80 % der Cysten ausschlüpfen, was für eine beachtenswerte Stimulationswirkung des Indols zeugt.

Versuche mit Antipyrin

Die gleichlautenden Resultate vieler von uns angestellten Versuche ergaben, daß das Antipyrin, in geringen Konzentrationen angewandt, — für den Fall der Euglenen-Cysten ist diese Konzentration 0,1 ‰, und bei geeigneter Zeit der Einwirkung, — in unserem Fall 40 Min., deutliche Stimulationseffekte aufweist: es schlüpfen ca. 60 % der Cysten aus. Diese stimulierende Wirkung des Antipyrins ist auch therapeutisch von Bedeutung.

Eine stimulierende Wirkung, nur schwächer ausgeprägt, weist auch das

Salipyrin

auf. Bei Konz. 1 ‰ und Behandlung von 50 Min. schlüpfen ca. 50 % der Cysten aus und bei Konz. 0,5 ‰ und bei Behandlung von 60 Min. ist die Zahl der ausgeschlüpften Cysten ca. 60 %.

Versuche mit Chinolin

Die Versuche haben ergeben, daß für die Euglenen die optimale stimulierende Konz. 1 ‰ ist, und zwar bei einer Behandlungsdauer von 3 und 5 Min. Bei 3 Min. schlüpfen ca. 90—95 % der Cysten aus und bei 5 Min. — ca. 70—75 %. Die längeren Einwirkungszeiten wirken schon deutlich lähmend auf die Lebensprozesse: bei 7 Min. schlüpfen nur 30—40 % der Cysten aus und bei 10 und 15. Min. nur noch 5 % bzw. 1 %. Bei 10 Min. tritt schon die Phase der Überstimulation, die narkotische Phase, ein. Auf die stimulierenden Eigenschaften des Chinolins ist auch die belebende Wirkung, welche das Malariamittel Plasmochin, als Nebenwirkung, auf den Organismus ausübt, zurückzuführen. Bekanntlich ist das Plasmochin ein Alkylaminoderivat des p-Methoxychinolins.

Versuche mit Isochinolin

Auch das Isochinolin zeigt beachtenswerte Stimulationseinwirkungen. Bei Konzentration von 1 ‰ und Einwirkungsdauer von 3 bzw. 5 Minuten schlüpfen ca. 60—70 % der Cysten aus, bei 7 Minuten — nur 30 % und bei 10 Minuten tritt schon die Überstimulationsphase ein, es schlüpfen nur mehr 5—6 % der Cysten aus.

Auch das

Nikotin,

in günstiger Konzentration angewandt, erweist sich als Stimulationsmittel. Bei Konzentration 0,5 ‰ und nach Behandlung von 20 Mi-

nuten schlüpfen 20 % und nach 30 Minuten — ca. 40 % der Cysten aus. Bei 40 Minuten Behandlung fällt die Zahl der Ausschlüpfungen unter die der Kontrolle — 3 %.

Versuche mit Cocainum pur

Die Konzentration 0,1 ‰ bei Behandlung von 7 Minuten erwies sich als optimal stimulierend: es schlüpfen ca. 40 % der Cysten aus. Bei Behandlung von 10 Minuten fällt diese Zahl auf 10—15 %.

Das Cocainum mur

zeigt eine deutlich stimulierende Wirkung bei Konzentration 0,5 ‰, und zwar nach Behandlung von 55 Minuten: es schlüpfen dann ca. 45 % der Cysten aus. Die höheren Konzentrationen wirken hemmend auf die Lebensprozesse, mit allen Anzeichen einer Überstimulation.

Versuche mit Chininsäure

Optimalstimulierend erwies sich die Konzentration 0,1 ‰ bei Behandlungsdauer von 30 Minuten. Es steigt dann die Zahl der ausgeschlüpften Cysten auf 70—75 %. Bei längerer Einwirkungsdauer fällt allmählich der Stimulationseffekt ab, um nach 60 Minuten Behandlung schon in die Überstimulationsphase überzugehen.

Versuche mit Strychninum nitr

Ein sehr starkes Stimulans. Nach 10 Minuten Behandlung mit der Lösung 0,5 ‰ schlüpfen 95—98 % der Cysten aus, nach 20 Miten ca. 50 % und nach 30 Minuten — kaum 1 %.

Bei der Lösung 0,25 ‰ schlüpfen nach 10 Minuten Behandlung 10 % und nach Behandlung von 20 Minuten — 98—99 % der Cysten aus. Auch beim Strychnin ist der Zusammenhang zwischen der Konzentration der Lösung und der optimalen Einwirkungsdauer besonders deutlich ausgeprägt: Bei Verminderung der Konzentration auf die Hälfte — steigt die optimale Behandlungsdauer auf das Doppelte.

Nach 30 Minuten Behandlung (Lösung 0,25 ‰) fällt schon die Zahl der ausgeschlüpften Cysten auf 40 %. Die ausgeschlüpften Euglenen sind munter und schnell beweglich.

Die stark stimulierende Wirkung des Strychnins bei genau bestimmter optimaler Konzentration und optimaler Einwirkungsdauer ist auch von Bedeutung bei seiner therapeutischen Anwendung, wie ich dies später näher ausführen werde.

Eine verhältnismäßig schwächere stimulierende Wirkung hat das

Morphin

Nach einer Behandlung von 10 Minuten mit der Lösung 0,1 ‰ schlüpfen ca. 50 % der Cysten aus. Nach 15 Minuten Behandlung fällt diese Zahl auf 35 % und nach 20 Minuten auf 25 %.

Bei der Samenbeizung, welche gewöhnlich durch Anwendung von Quecksilber-, Phenol-, Arsen-, Kupfer- und ähnlichen Substanzen enthaltenden Verbindungen vorgenommen wird, wurden vielfach Effekte hervorgerufen, die mit der Annahme einer Desinfektions-Sterilisationswirkung allein nicht zu erklären waren. Die Pflanzen aus gebeiztem Samen zeigen vielfach ein üppigeres Wachstum, als die ungebeizten Kontrollen. Diese auffallenden Wachstumseffekte, die dann auftreten, wenn zufälligerweise die angewandten Konzentrationen des Beizmittels nicht zu stark und die Einwirkungsdauer nicht zu lang waren, habe ich als Samenstimulationserscheinungen gedeutet (1921). Das Vorhandensein einer schwachen stimulierenden Wirkung der Beizmittel zeigen unter anderem auch die folgenden Versuche:

Versuche mit Uspulun (Chlor-Phenol-Quecksilber-Verbindung)

Optimal stimulierend erwies sich die Lösung 0,0025 ‰: bei 15 Minuten Behandlung schlüpfen 20—25 % der Cysten aus, bei 25 Minuten — ca. 40 % und bei 30 Minuten — ca. 45 %; bei 35 Minuten — fällt die Zahl der Ausschlüpfungen wieder auf 15—20 % herab.

Ähnliche Stimulationswirkungen ergaben auch die Versuche mit

Tillantin B (Arsenverbindung)

Bei Konzentration 0,1 ‰ und nach 5 Minuten Behandlung schlüpfen 40—45 % der Cysten aus, bei 8 Minuten ist die Zahl der aufgewachten Cysten 25—30 %, bei 10 Minuten 10—15 % und bei 12 Minuten — ca. 5 %.

Ähnliche Resultate ergaben auch die Versuche mit den Beizmitteln Segetan (Quecksilbercyanid und Kupferammoniumsalze) und Fusariol.

Sauerstoffmangel

Auch der Sauerstoffmangel, hervorgerufen beim Versetzen der Cysten in abgekochtes und nicht geschütteltes Wasser, übt, wie wir dies wiederholt bei den Versuchen festgestellt haben, eine stimulierende Wirkung auf die encystierten Euglenen aus. Diese Wirkung kommt zum Ausdruck, wenn die so behandelten Cysten nachträglich in sauerstoffreiches Wasser übertragen werden. So z. B. waren 7 Stunden nach Beginn eines solchen Versuches bei den Kontrollen $^1/_5$ aller Cysten ausgeschlüpft, dagegen die mit abgekochtem Wasser behandelten Cysten zeigten bis ca. 50 % Ausschlüpfungen. Über die Erklärung der Wirkung des abgekochten Wassers siehe S. 151.

Die hier kurz wiedergegebenen Versuche mit encystierten Euglenen, ausgeführt in den Jahren 1921 bis 1924, beweisen, daß es viele chemische Mittel gibt, welche in richtiger Konzentration und bei optimaler Zeit der Einwirkung angewandt, stimu-

lierend auf die Zellfunktionen wirken. Dadurch werden die, wie in unserem Falle, sich in vita minima befindenden Euglenencysten zur Ausschlüpfung gebracht. Die wiedererwachten Euglenen zeigen, je nach der Wirkung des Stimulationsmittels, alle Anzeichen von gehobenen Lebensprozessen: die Euglenen bewegen sich wieder schnell und munter, sind stark lichtorientiert, und die morphologische Untersuchung zeigt wieder ein vollkommen normales Aussehen des Zellkörpers. Das vor der Encystierung der Euglenen durchsichtig-hell gewordene Protoplasma und der stark verblaßte Kern (Abb. 1) bekommen wieder ihr normales Aussehen: der Kern wird durch Zunahme der Chromatinmasse wieder stark färbbar (Abb. 2), was ein Zeichen für die Erhöhung der Oxydationsprozesse ist, denn nach unseren jetzigen Anschauungen sind das Plastin und

Abb. 1

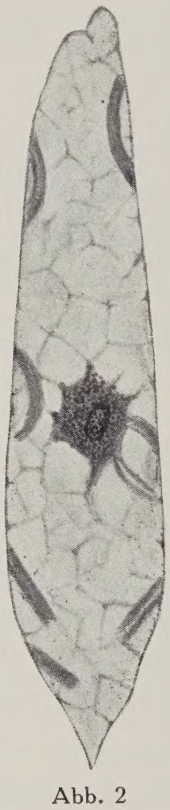


Abb. 2

das Chromatin zwei Substanzen, die ineinander übergehen können, und zwar entsteht durch Oxydation des Plastins sein färbbares Derivat — das Chromatin. Und umgekehrt, beim Nachlassen der Lebensoxydationsprozesse, wie dies der Fall bei den depressionierten und vor der Encystierung stehenden Euglenen ist, wandelt sich das Chromatin in Plastin um.

Die Zunahme der Chromatinmasse spricht allein schon für sich für die starke Zunahme der Oxydationsprozesse und folglich ist diese Beobachtung ein indirekter Beweis dafür, daß die Wirkung der Stimulationsmittel sich auch in einer starken Hebung der Lebensoxydationsprozesse kundgibt. Diese Feststellung ist von großer Bedeutung für die Beurteilung des Wesens der Stimulationserscheinungen.

Als besonders stark stimulierend erwiesen sich die Lösungen von $MgCl_2$, KCl, KBr, KJ, NaBr, Kal. arsenic., $CaH_4(PO_4)_2$, $MnSO_4$, Alkohol, Methylal, Glyzerinphosphorsäure, Formaldehyd, Ameisensäure, Chinasäure, Gallussäure, Tannin, Chinolin, Strychninum nitricum u. a. Bei Anwendung geeigneter, optimal wirkender Konzentrationen und bei geeigneter Zeit der Behandlung schlüpfen fast 100 % der Cysten aus.

B. Beschleunigung der Teilungsrate der Zelle

Die aus den Cysten ausgeschlüpften Euglenen sowie diejenigen, die durch eine Stimulationsbehandlung vor der Encystierung aus ihrem Depressionszustand herausgerissen und zu normaler Funktion zurückgeführt werden, zeigen eine gehobene Beweglichkeit und ein sehr gesundes Aussehen. Deshalb war es von Bedeutung, festzustellen, wie sich die Teilungsrate der Zelle verändert hat. Es war zu erwarten, daß die energische Abwicklung der Lebensprozesse auch eine Steigerung der Teilungsfrequenz nach sich ziehen würde.

Um dies festzustellen, habe ich in den Jahren 1920—1921 Züchtungs- und Stimulationsversuche mit dem Infusor P a r a m a e c i u m c a u d a t u m angestellt, deren Resultate die oben erwähnten Erwartungen bestätigt haben.

Die Versuchs-Paramaecien wurden einer und derselben Stammkultur entnommen, welche von einem Ausgangstier angelegt war und mit auf Agar gezüchteten Fäulnisbakterien (isoliert aus Heuinfusion) gefüttert, in Uhrschälchen geführt wurde. Aus dieser Kultur wurden jedesmal gleich große, eben geteilte Tiere herausgenommen und in 15 ‰ $MgCl_2$-Lösung getan. Schon nach 4 Minuten langer Einwirkung der Lösung gingen viele Paramaecien zugrunde. Beim kürzeren Verbleiben aber überstand ein großer Teil der Paramaecien die Einwirkung. Gleich darauf wurden die normal gebliebenen Paramaecien herausgefischt und nach mehrmaligem Abspülen in Wasser in normale Züchtungsbedingungen, wie die aus gleich großen Ausgangstieren angelegten Kontrollen, gebracht.

Die gewonnenen Resultate will ich an Hand eines dieser Versuche erörtern[1]):

In einer Kontrollkultur, angefangen mit zwei ausgewachsenen Paramaecien, habe ich am 6. Tage 242 Paramaecien bekommen. In der optimal mit einer 15 ‰ $MgCl_2$-Lösung stimulierten Kultur, 1 Minute, die ebenfalls mit zwei ausgewachsenen Paramaecien angefangen wurde, war nach derselben Zeit die Zahl der Paramaecien 2027. In einer dritten, gleichfalls mit zwei ausgewachsenen Paramaecien angefangenen, aber weniger günstig stimulierten Kultur — Behandlungszeit 3 Minuten — habe ich nach genau derselben Zeit 864 Tiere gezählt.

[1]) M. Popoff: Über die Stimulierung der Zellfunktionen. Biol. Zentralblatt, 1922.

Wie aus diesen Zahlen zu ersehen ist, zeigen die behandelten Tiere ein viel schnelleres Teilungstempo, als die unbehandelt gebliebenen Kontrollen. Außerdem ist auch eine optimale Einwirkung der $MgCl_2$-Lösung zu konstatieren, die bei 1 Minute Behandlung gegeben ist. Bei längerer Behandlungszeit, 3 Minuten, fällt die Wirkung des $MgCl_2$ ab und bei 4 Minuten gehen die meisten Tiere an der Behandlung zugrunde.

Schon der erste Eindruck, den man bei Betrachtung der stimulierten und Kontrollkulturen bekommt, war der, daß die behandelten Tiere bedeutend besser ernährt und größer als die normalen Tiere waren, was darauf hinweist, daß die integralen Lebensfunktionen der Zelle durch die $MgCl_2$-Einwirkung gehoben werden, und diese Hebung der Lebensfunktionen äußerte sich nicht nur in schnellerem Teilungstempo, sondern auch in der Erhöhung der Zellgröße selbst. Die genauen Messungen, ausgeführt an ein und demselben Tage, an je 30 gleich nach der Teilung abgetöteten Paramaecien zeigten erhebliche Größenunterschiede, die in Parallele mit der Erhöhung der Teilungsgeschwindigkeit standen. In Mittelzahlen ausgerechnet, zeigten die eine Minute lang mit $MgCl_2$-Lösung behandelten, also die optimal stimulierten Paramaecien, eine Länge von 154 μ und eine Breite von 58 μ; die Paramaecien, welche von den 3 Minuten behandelten Ausgangstieren stammten, waren 140 μ lang und 64 μ breit; die normalen Kontrolltiere dagegen, ebenfalls nach der Teilung gemessen, nur 130 μ lang und 54 μ breit. Diese Größenunterschiede wurden auch weiterhin beibehalten, ein Umstand, der auch vererbungstheoretisch interessant ist. Die Größenzunahme der stimulierten Paramaecien wird auch von einer entsprechenden Zunahme der Kerngröße begleitet; die nach dieser Richtung ausgeführten Messungen ergaben ein und dieselbe Kernplasmarelation. Diese korrelative Zunahme der Kerngröße und folglich auch der chromatischen Substanz spricht für gesteigerte Oxydationsprozesse in der Zelle.

Eine Erhöhung der Teilungsrate zeigten auch Versuche[1]) mit Kal. arsenic. 0,5 ‰ (1 Minute), KJ 0,05 ‰ (2 Minuten), Methylal 0,05 ‰ (1 Minute) und $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰. Bei Behandlung z. B. der Paramaecien mit $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ — 2 Minuten lang zeigte die Versuchskultur, von einem Ausgangstier, nach 6 Tagen 2490 Tiere und die dazugehörige Kontrolle — 883 Tiere usw.

C. Stimulationsversuche mit Eizellen

Wie ich schon eingangs ausgeführt habe, waren die Erscheinungen der künstlichen Parthenogenese der Ausgangspunkt meiner Zellstimulationsuntersuchungen.

[1]) M. Popoff und Jeljaskowa: Über die Beschleunigung der Teilungsrate von Paramaecium caudatum durch zellstimulierende Mittel. Biol. Zentralblatt, 1924.

Die ganze Forschungsrichtung der künstlichen Parthenogenese war bestrebt, experimentell biochemisch in die Geheimnisse der normalen Befruchtung einzudringen und von dieser Auffassung beherrscht, war man geneigt, alle bei den Geschlechtszellen gemachten Beobachtungen und festgestellten Tatsachen als nur diesen zukommend zu betrachten.

Von Maupas, R. Hertwigs, Calkins und meinen eigenen Untersuchungen über den physiologischen Depressionszustand der Zelle und über das Zusammenfallen dieses Zustandes mit dem Einsetzen der Geschlechtsprozesse ausgehend, habe ich im Jahre 1907 die Auffassung vertreten, daß die Geschlechtszellen der Metazoen im Moment der Reife sich ebenfalls in einem Zustand herabgesetzter Lebensprozesse, folglich herabgesetzter Oxydationsprozesse, im Zustand von vita minima befinden müßten. Spätere Untersuchungen haben dieser Auffassung recht gegeben. Folglich haben wir in den Erscheinungen der künstlichen Parthenogenese, wie ich dies im Jahre 1914 ausführte[1]), den prägnantesten Fall, bei welchem wir durch chemische oder physikalische Einwirkungen, die sich in herabgesetzter physiologischer Tätigkeit befindenden Zellen wieder beleben und ihre Oxydationsprozesse heben können. Die künstliche Parthenogenese stellt somit nur einen gesonderten, begrenzten Fall einer großen, allgemeinen Gruppe von Erscheinungen dar, der der Zellstimulation.

Die von Loeb, Delage u. a. als künstlich-parthenogenetische Mittel gefundenen chemischen und physikalischen Agentien erwiesen sich in der Tat, wie meine noch zu besprechenden Untersuchungen zeigten, auf pflanzliche und tierische somatische Zellen angewandt, als allgemeine Zellstimulantien par exellence; und umgekehrt konnte ich mit meinen Mitarbeitern Dr. Paspaleff und Dr. Dobreff[2]) beweisen, daß die von mir angegebenen und bei Experi-

[1]) M. Popoff: Experimentelle Zellstudien IV: Geschlechtsvorgänge, Parthenogenese und Zellverjüngung. Arch. f. Zellforschung, Bd. IV, 1914.

[2]) M. Popoff: Stimulationsstudien an reifen Seeigeleiern. I. Teil. Zellstforsch., Bd. I, Heft 3, 1925.

M. Popoff, G. Paspaleff, M. Dobreff: Stimulationsstudien an reifen Seeigeleiern. II. Teil. Zellstforsch., Bd. II, Heft 3, 1927.

M. Popoff, G. Paspaleff, M. Dobreff: Stimulationsstudien an reifen Seeigeleiern. III. Teil. Zellstforsch., Bd. II, Heft 4, 1927.

M. Popoff, G. Paspaleff, M. Dobreff: Zellstimulationsstudien an reifen Seeigeleiern. IV. Teil. Über den Einfluß des p_H-Gehaltes des Meerwassers auf die Entwicklung der stimulierten Seeigeleier. Zellstforsch., Bd. III, Heft 1, 1927.

M. Popoff, M. Dobreff, G. Paspaleff: Beeinflussung der Avitaminose bei Tauben durch Zellstimulation. Zellstforsch., Bd. II, Heft 1, 1926.

M. Popoff, M. Dobreff, G. Paspaleff: Über Entwicklungsanregung — Stimulation — bei reifen unbefruchteten Seeigeleiern durch Extrakte von Blütenstaub (Pollen). Zellstforsch., Bd. II, Heft 2, 1926.

Dieselben: Sur le développement des œufs d'oursin sous l'action des extraits de Pollen de Quercus et de Calla. C. R. Ac. Sc. Paris, Sept. 1926.

M. Popoff, M. Dobreff, G. Paspaleff: Stimulationsversuche an Seeigeleiern mit Hefe- und Reisvitaminextrakten. Zellstforsch., Bd. II, Heft 2, 1926.

menten an somatischen Zellen — tierischen und pflanzlichen — als allgemeine Zellstimulationsmittel sich bewährt habenden Agentien, auch die grundlegende Eigenschaft besitzen, ohne Ausnahme als künstlich-parthenogenetische Mittel zu wirken und die Entwicklung der Seeigeleier anzuregen. Damit wäre der Ring der Beweisführungen zu meiner Auffassung über den Wert der künstlichen Parthenogenese als ein gesonderter Fall der Zellstimulation geschlossen. Es ist uns in der Tat gelungen, bis jetzt mit 56 verschiedenen chemischen Substanzen organischer und anorganischer Natur, die vorher als allgemeine Zellstimulationsmittel erprobt wurden, die Entwicklung der unbefruchteten Seeigeleier nicht nur bis zu den ersten Zellteilungsstadien anzuregen, sondern in der überwiegenden Zahl der Fälle, in über 40 Fällen, auch lebende Blastulae und gut entwickelte Plutei zu bekommen.

Diese Versuche haben außerdem die oxydationsfördernde Wirkung der allgemeinen Zellstimulationsmittel außer Zweifel gesetzt, denn die unmittelbarste Veränderung bei Beginn der Eientwicklung ist die Hebung der Oxydationsprozesse.

Als Versuchsobjekt für unsere Stimulationsuntersuchungen an Seeigeleiern dienten die Eier von Strongylocentrotus lividus. Den günstigsten Reifezustand für Stimulationsuntersuchungen zeigen die Seeigeleier im Golf von Neapel in den Monaten September, Oktober und November; von Dezember bis Ende März tritt eine Periode ein, in welcher die Eier sich in einem Zustand von Protoplasmareifung befinden, der ungünstig für Stimulationsversuche ist; eine Besserung tritt dann wieder von April bis Juli ein. Um über den Zustand der Eier orientiert zu sein und die Versuchsergebnisse vergleichen zu können, haben wir die Eier jedesmal durch Vorversuche mit einem energisch und gleichmäßig wirkenden Stimulationsmittel, meistens $MgBr_2$ 100 ‰ KNO_2 40 ‰ untersucht. So gewannen wir jedesmal Aufschluß über den Prozentsatz und Grad der Entwicklung des Versuchsmaterials.

Die Versuche an Seeigeleiern wurden folgendermaßen durchgeführt: Die sorgfältig mit Süßwasser äußerlich abgewaschenen Seeigel wurden mit reinen Scheren und Pinzetten geöffnet und die dorsale Schalenhälfte auf Gläser, gefüllt mit Meerwasser, gestellt, die Seeigelschale mit Wasser gefüllt und dasselbe von Zeit zu Zeit gewechselt. Diese Reizung der Eierstöcke genügte meistens, um die Eier zur Ablage zu bringen. Die gesammelten Eier wurden in großen, tiefen Uhrschälchen mit reichlich Meerwasser getan und diese letzteren dann in großen Petrischalen, deren Boden mit

M. Popoff, G. Paspaleff, M. Dobreff: Verjüngungsversuche durch Stimulationsmittel. Zellstforsch., Bd. II, Heft 2, 1926.

M. Popoff, G. Paspaleff, M. Dobreff: Über die zeitliche Herabminderung der Lebensprozesse. Zellstforsch., Bd. III, Heft 2, 1928.

Wasser bedeckt war (Petrischalen feuchte Kammern), bis zu Beginn des Versuches einige Stunden aufbewahrt. Überall bei den Versuchen wurde nur Meerwasser angewandt, das durch Berkefeld-Filter filtriert wurde. Die Versuche wurden in der Zoologischen Station in Neapel bei einer Zimmertemperatur, welche durchschnittlich zwischen 18—22 ° C schwankte, in den Jahren 1924—1926 durchgeführt. Als besonders geeignete Versuchsanordnung erwies sich folgende: Die Seeigeleier wurden in Uhrschälchen, aufgefüllt mit verschiedenen Konzentrationen des auf seine Wirkung zu prüfenden Stimulationsmittels, getan, nach bestimmten Zeiträumen herausgenommen und in andere große Uhrschälchen mit reinem Meerwasser überführt. Nach viermaligem Abwaschen von der Stimulationslösung, durch Übertragen in neue Schälchen mit frischem Meerwasser wurden schließlich die Versuchsschälchen zwecks weiterer Beobachtung in feuchte Petrischalenkammern getan. In jedem dieser Versuchsschälchen waren zum Schluß 300—500 Eier vorhanden. Die Versuchsresultate wurden schätzungsweise prozentual abgelesen.

Die Wirkung der hier zur Besprechung kommenden Stimulationsmittel in der optimalen Konzentration und Zeitdauer der Anwendung ist für jedes von denselben mindestens ein paarmal, 5—6-mal, nachgeprüft worden. Die günstige Wirkung mancher Stimulationslösungen aber, die zum Vergleich bei unseren mannigfachen Versuchen dienten, ist oft zu hunderten Malen erprobt worden.

Um Wiederholungen bei der Wiedergabe der Versuche zu vermeiden, will ich hier vorwegnehmend allgemein bemerken, daß jeder Versuch, ohne Ausnahme, mindestens von 4 Kontrollen begleitet wurde: 2 Kontrollen von unbehandelten Eiern (Normalkontrollen) und 2 normal befruchtete Kontrollen. Bei allen unseren Versuchen, ohne Ausnahme, blieben die Eier der unbehandelten Kontrollen, ohne jegliche Veränderung, vollkommen normal. Die befruchteten Kontrollen dienten dazu, um die Schnelligkeit der Entwicklung der stimulierten Eier mit der normalen Eientwicklung zu vergleichen.

Der Gang dieser Stimulationsuntersuchungen mag durch folgende Beispiele erläutert werden.

Versuche mit Magnesiumbromid ($MgBr_2$) am 13. Oktober 1925, 12 Uhr mittags:

$MgBr_2$	15 ‰	Behandlung	15	25	40	50	60	Minuten
„	30 ‰	„	15	25	40	50	60	„
„	50 ‰	„	15	25	30	50	60	„

Bei 15 ‰ und 30 ‰ keine Veränderung, die Eier normal geblieben. Bei 50 ‰, 25 Minuten und darüber einzelne Zweizellenstadien.

Am 20. Oktober, 1 Uhr nachmittags, wurde der Versuch mit höheren Konzentrationen fortgesetzt, und zwar:

$MgBr_2$	60 ‰	Behandlung	10	20	30	40	50	75	110	150 Min.
„	80 ‰	„	10	20	30	40	50	60	70	80 „
„	100 ‰	„	10	20	30	40	50	80	110	160 „

Am 21. Oktober, 8 Uhr vormittags: bei Lösung 60 ‰ 10 und 20 Minuten die Eier unbeeinflußt, alle erhalten; 30 Minuten ca. 40 % der Eier mehrkernig, 15 % der Eier haben sich in 2, 4, 6, 8, 10 Zellen geteilt, hier hat aber die Entwicklung aufgehört, die anderen Eier unverändert; bei 40 Minuten — 50 % der Eier mehrkernig, die anderen mit zentralgelenem, vergrößertem Kern, 30 % haben regelmäßige normale 2, 4, 8 Teilungen ergeben, 10 % haben sich zu regelmäßigen Morulae bzw. Blastulae entwickelt. Die Blastulae sind schwach beweglich; 50 Minuten — wie bei 40 Minuten, aber keine beweglichen Blastulae; 110 Minuten — 85 % der Eier in 2—16 Zellenstadien, und vereinzelt bis Morulae fortgeschritten, wo die Entwicklung aufgehört hat; 150 Minuten fast 90 % der Eier abgestorben, vakuolisiert, zerfallen, die übrigen 10 % mit vergrößertem Kern.

Bei Lösung 80 ‰, 10 Minuten — 90 % der Eier unbeeinflußt, nur 10 % in 2, 4, 6 Zellenstadien; 20 Minuten — die Zahl der geteilten Eier (2—10 Zellenstadien) auf 20 % gestiegen, einzelne Eier mehrkernig; 30 Minuten die Zahl der in Teilung getretenen Eier ca. 40 %, die anderen mit mehreren Kernen, einzelne (ca. 15) schwimmende Blastulae; bei 40 Minuten — 80 % der Eier geteilt, in 2—16 Zellen, ca. 10 % schwimmende Blastulae; 50 Minuten — ca. 150 regelmäßige, schwimmende Blastulae, 40 % der Eier in den verschiedensten Teilungsstadien bis Morulae stehengeblieben, die übrigen 40 % mit vergrößertem zentralen Kern oder mehrkernig; 60—70 Minuten fast 80 % der Eier in Teilung bis Morulae, ziemlich unregelmäßig, einzelne, ca. 10, schwimmende Blastulae; bei 80 Minuten — fast alle Eier in Anfangsstadien der Teilung (2—16 Zellen) stehengeblieben, vereinzelte Morulae, nicht eine einzige schwimmende Blastula.

Bei Lösung 100 ‰ — 10—20 Minuten, die meisten Eier in Teilung, 2—8 Zellenstadien, begriffen und dann abgestorben, 10 % der Eier abgestorben, 10 % der Eier unverändert; bei 30 Minuten — 30 % der Eier bis Morulae und schwimmende Blastulae entwickelt, die ganze Entwicklung mit bemerkenswerter Regelmäßigkeit abgelaufen; die Blastulae, ca. 150 an Zahl, schon mit Ansätzen zur Gastrulation, die anderen Eier in den verschiedensten Teilungsstadien stehengeblieben; bei 40 Minuten — 90 % aller Eier zu Blastulae entwickelt (ca. 250 Blastulae), die überwiegende Zahl ganz normal, munter und schnell umherschwimmend, es ist kaum ein Unterschied von den Blastulae, die durch normale Befruchtung erhalten werden, wahrzunehmen. Die Entwicklung geht in demselben Tempo vor sich, wie bei der normalen Befruchtung. Alle

mit der 100 ‰ $MgBr_2$-Lösung behandelten Eier bilden eine deutlich ausgeprägte, eng dem Ei anliegende Membran aus. Dieser Versuch beweist, daß die Länge der Einwirkungsdauer allein, bei 60 ‰ und 80 ‰ $MgBr_2$-Lösung, nicht imstande ist, die Stimulationskomponente — Konzentration der Lösung — zu ersetzen.

Für die optimale Wirkung eines Stimulantes ist nicht nur eine optimale Zeitdauer notwendig, sondern auch eine optimale Konzentration. Bei 50 Minuten ist die Entwicklung wie bei 40 Minuten, nur ist hier die Zahl der Blastulae geringer, ca. 200, d. h. ca. 60—70 % der Eier haben sich zu Blastulae entwickelt; bei 60 und 65 Minuten — wie bei 50 Minuten; bei 70 Minuten ca. 50 % Blastulae; bei 80 Minuten — die meisten Eier in den ersten Stadien der Teilung stehengeblieben, dann abgestorben, zerfallen, nur 10—15 % haben das Stadium von freischwimmenden Blastulae erreicht; bei 110 Minuten die meisten Eier abgestorben, zerfallen, aber immerhin findet man noch vereinzelte bewegliche Blastulae; bei 160 Minuten die Eier während der Teilung abgestorben und zerfallen, keine einzige bewegliche Blastula.

Die Eier der drei unbefruchteten Kontrollen unverändert; die Eier von zwei normal befruchteten Kontrollen in demselben Stadium und in derselben prozentualen Zahl der Entwicklung wie die Eier, welche mit der 100 ‰-Lösung 40 Minuten behandelt worden sind.

Am 22. Oktober, vormittags: Überall schon normale, junge Plutei. Durch vielfach wiederholte Versuche wurde auf diese Weise festgestellt, daß die optimale Lösungskonzentration von $MgBr_2$ für die Seeigeleier bei 100 ‰ liegt. Bei Konzentrationen über 100 ‰ fällt allmählich die Stimulationswirkung ab.

Die Versuche mit $MgBr_2$ 100 ‰ wurden im Laufe des Jahres einige hundert Male mit Eiern von Strongylocentrotus bei verschiedener Reife derselben wiederholt. Es stellte sich dabei heraus, daß bei Beibehaltung der Konzentration die optimale Einwirkungszeit, je nach dem physiologischen Zustand der Eier, Schwankungen zwischen 30—75 Minuten unterworfen ist.

Durch ähnliche Versuchsanordnung wurde die stimulierende Wirkung folgender chemischen Verbindungen genau festgestellt, und zwar:

1. Stimulationsmittel, welche die Entwicklung der Seeigeleier bis zu Plutei anregen:

$MgBr_2$ 100 ‰, KBr 25 ‰, KJ 40 ‰, $KBrO_3$ 50 ‰, KNO_3 40 ‰, NaBr 50 ‰, $NaBrO_3$ 40 ‰, NaJ 80 ‰, $NaNO_3$ 40—30 ‰, Na_2SO_4 80 ‰, Na_2SO_3 60 ‰, Na_2S 30 ‰, Na_2SO_4 70 ‰ + Na_2SO_3 7,5 ‰, KNO_3 100 ‰ + $MgCl_2$ 50 ‰ aa, KNO_3 100 ‰ + $MgBr_2$ 50 ‰ aa, $MgBr_2$ 100 ‰ + NaJ 80 ‰ + KNO_3 60 ‰ aa, $MgCl_2$ 60 ‰ + $MgBr_2$ 100 ‰ + NaJ 80 ‰ + KNO_3 60 ‰ aa, konz. Meerwasser $^2/_3$, $MgBr_2$ 50 ‰ und dann $MgSO_4$ 50 ‰, $MgBr_2$ 50 ‰, dann $MgSO_4$ 50 ‰ und dann $MgCl_2$ 25 ‰, Ameisensäure 0,3 ‰ und dann $MgBr_2$ 100 ‰,

Zinkazetat 3 ‰, Jodtinktur 0,25 ‰ aus einer Stammlösung 0,05 g Jod in 2 ccm abs. Alk., Glyzerin 50 ‰, Glyzerin 10 ccm + 0,1 g Jod + 2 ccm 96 % Alkohol als Stammlösung und davon 2,5 ‰ Lösung; Weinsäure 10 ‰, Chinolin 1 Tropfen auf 20 ccm Wasser, Chinaldin 0,5 ‰, Chinaldin 0,5 ‰ + Kal. permang. 0,001 ‰, einfache Austrocknung der Eier 2½—4 Stunden.

2. Stimulationsmittel, welche die Entwicklung der Seeigeleier bis zu Blastulae anregen:

Kal. permang. 0,005 ‰, CrO_3 0,25 ‰, $Mn(NO_3)_2$ 100 ‰, Ammonium-Eisenalaun 1 ‰, Ferrosulfat 3 ‰ und 0,2 ‰, Äthylalkohol 190 ‰, Ameisensäure 0,3 ‰, Äthyläther 3 Tropfen in 1 ccm Wasser, Milchsäure 5 ‰, Resorzin 5 ‰, Gallussäure 1 ‰.

3. Stimulationsmittel, welche die Entwicklung der Seeigeleier bis zu Teilungsstadien bzw. Morulae anregen:

Kal. bichromat 25 ‰, Kalziumphosphat 120 ‰, Superphosphat 20 ‰, NaF 5 ‰, $NaHSO_3$ 5 ‰, $NaNO_2$ 25—40 ‰, $NaJO_3$ 20 ‰, Äpfelsäure 5 ‰, Strychnin 0,1 ‰, NaOH, H_2SO_4 von der konz. ausgehend 0,5 ‰, 1/10 nHCl, Aloïn 1—30 ‰, Methylal 1 ‰ usw.

Es sei gleich hier bemerkt, daß diese Einteilung eine rein künstliche, der Übersicht halber übernommene ist, und nur bedingt mit dem wirklichen Stimulationseffekt der angewandten Stimulanten zusammenfällt. Es ist vielfach eine Frage der genauen Ausarbeitung des Versuches, ob man mit einem Stimulationsmittel die Entwicklung bis zu lebenden Plutei durchführt oder ob diese Entwicklung in früheren Stadien zum Stillstand kommt. Trotzdem gibt es aber doch stärker und schwächer wirkende Stimulationsmittel; für diese gibt die obige Einteilung nur eine bedingte Vorstellung.

Im Nachfolgenden werde ich eine gedrängte Zusammenstellung der einzelnen Versuche wiedergeben. Sie zeigen deutlich die Unterschiede in der Wirkungsweise der einzelnen Stimulationsmittel und lassen diejenigen von ihnen, welche besonders energische Stimulationseigenschaften aufweisen, deutlich hervortreten.

Anregung der Entwicklung bis zu Plutei

Versuche mit Kaliumbromid (KBr)

Um die günstigste KBr-Lösung und die optimale Zeit der Einwirkung herauszufinden, wurden in eingehenden Versuchen folgende Konzentrationen 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 ‰ bei der Anwendungszeit von 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 Minuten auf ihre Wirkung hin nachgeprüft.

Die Lösungen 1, 5 und 10 ‰ erwiesen sich als wirkungslos — die Eier zeigten keine Veränderung, desgleichen auch die Lösungen 15 und 20 ‰, bei Einwirkung von 10, 20 und 30 Minuten.

Bei 40 Minuten entwickelten sich 10 % und bei 60 Minuten sogar 20 % der Eier zu normal sich bewegenden Blastulae, wovon sich einige weiter bis zu Plutei ausbildeten.

Ein ganz anderes Bild bot sich nach der Behandlung der Eier mit einer Lösung von KBr 25 ‰. Gleich nach der Behandlung von 30 bis 50 Minuten fing die Entwicklung schon an, und 12 Stunden später entwickelten sich die Eier zu beweglichen Blastulae. Bei 40 Minuten Behandlung entwickelten sich ca. 90 % der Eier zu Blastulae. Dieses Stadium führte ca. 36 Stunden nach Beginn des Versuches zu munter beweglichen Plutei. Abbildung 3 zeigt die KBr-Plutei nach einer mikroskopischen Aufnahme. Bei den Versuchen

Abb. 3

mit anderen Behandlungszeiten, und zwar bei 30, 35, 45 und 50 Minuten kam es ebenfalls zu Pluteibildung, doch war deren Zahl eine geringere.

Bei den Konzentrationen von KBr, die über 25 ‰ lagen, bis zur Konzentration 50 ‰ kam es ebenfalls zu Kernvermehrungen und Zellteilungen, doch ging die ansetzende Entwicklung nur bei einem kleinen Prozentsatz weiter bis zur Ausbildung von lebensfähigen Blastulastadien. Dieses zeigt, daß wir es hier schon mit einer Überstimulation zu tun haben.

Aus diesem Versuch ist zu ersehen, wie streng und genau die Konzentration der Lösung und besonders auch die Zeit der Einwirkung präzisiert werden muß, um die günstigste und optimale Entwicklung zu bekommen; in unserem Fall: KBr 25 ‰ bei Einwir-

kungsdauer von 40 Minuten. Dieselbe genaue Einstellung dieser zwei Stimulationskomponenten werden wir auch bei allen anderen Versuchen finden.

Versuche mit Kaliumjodid (KJ)

Die vielen eingehenden Versuche mit den verschiedensten Lösungskonzentrationen von KJ, angefangen von 0,1 ‰, 0,5 ‰ und 1 ‰ und in Abständen von je 5 ‰ bis 50 und 80 ‰ heraufreichend, haben ergeben, daß die optimale Konzentration bei 40 ‰ liegt, und zwar blieben hier die Behandlungszeiten 10, 20 und 30 Minuten ohne Einfluß auf die Entwicklung. Bei Behandlung von 35 Minuten treten ca. 30 % der Eier in die Entwicklung ein, die aber nicht weiter als bis Morula und selten bis zum Blastulastadium geht. Bei 40 Minuten Behandlung steigt die Zahl der stimulierten Eier auf 70 %, um bei 45 Minuten Behandlung 90—95 % zu erreichen, und zwar war in diesem letzten Falle die Entwicklung so energisch, daß schon 1 Stunde nach Einsetzen des Versuches mehrkernige Stadien vorhanden waren, die sich 2—3 Stunden später bis zu Morulae entwickelten. 20 Stunden nach Beginn des Versuches waren gut entwickelte Gastrulae vorhanden und 10 Stunden später schon die ersten Plutei ausgebildet.

Von den Eiern, die 35, 40 und 50 Minuten mit KJ 40 ‰ behandelt worden waren, entwickelten sich auch Plutei, aber nur ganz vereinzelte, dahingegen war bei Behandlung von 45 Minuten die Zahl der Plutei eine beträchtliche.

Gut ausgebildete Plutei, aber in viel geringerer Zahl, entwickelten sich auch bei Konzentration des KJ von 30 ‰ und bei Behandlung von 50 Minuten.

Auch aus diesen Versuchen, genau wie bei den Versuchen mit KBr, ist zu ersehen, wie präzis die Einstellung sowohl der Konzentration als auch besonders der Zeit der Behandlung sein muß, um die meisten Eier, fast 95 %, nicht nur zur Entwicklung anzuregen, sondern auch die begonnene Entwicklung weiterzuführen.

Versuche mit Kaliumbromat ($KBrO_3$)

Die vielen Versuche haben ergeben, daß die Lösungskonzentrationen 40 ‰ und 50 ‰ stimulierend wirken. Bei der Lösung 40 ‰ und nach Behandlung von 60 Minuten entwickeln sich einige besonders lebhaft schwimmende Blastulae, die keine weitere Entwicklung zeigen. Bei der Lösung 50 ‰ und bei einer Behandlung 70 bis 100 Minuten entwickeln sich ca. 10 % der Eier zu lebhaft beweglichen Plutei.

Aus vielen anderen ähnlich ausgefallenen Versuchen ist zu ersehen, daß die optimalen Stimulationskomponenten für das $KBrO_3$ bei Konzentration von 50 ‰ und Behandlungsdauer von 70—100 Minuten liegt.

Versuche mit Kaliumnitrat (KNO_3)

Die Lösungen von 200 ‰ bis 80 ‰ erwiesen sich als ungünstig, deshalb wurden die niedrigeren Konzentrationen von 1 ‰ bis 80 ‰ in Abständen von je 5 ‰ untersucht. Es stellte sich heraus, daß die Wirkungsamplitude der KNO_3-Lösungen eine sehr breite ist: man bekommt Plutei bei allen Konzentrationen zwischen 20—60 ‰, aber es gibt auch hier eine optimale Wirkungskonzentration, die bei 40 ‰ liegt. Bei der Lösung 40 ‰ nach 50 und 60 Minuten Behandlung zeigen die Eier keine Veränderung; bei 70 Minuten Behandlung — ca. 5—6 % schwimmende Blastulae; bei 80 Minuten — 10 % schwimmende Blastulae; bei 90 Minuten — 25 %; bei 100 Minuten — 60 %; bei 110 Minuten — 75 % und bei 120 und 130 Minuten Behandlung steigt die Zahl der Blastulae auf 90 %, die sich dann alle zu Plutei weiter entwickeln.

Bei Konzentration von 60 ‰ und bei Behandlung von 60 Minuten sind ca. 75 % schwimmende Blastulae und bei einer Konzentration von 20 ‰ erscheinen nur wenige schwimmende Blastulae, und zwar erst nach Behandlung von 200—210 Minuten. Nur ein Teil der Blastulae dieser Grenzwirkungslösungen entwickelt sich weiter zu Plutei.

Die Stimulationsversuche mit KNO_3 40 ‰ sind sehr oft, über 40—50mal, parallel mit den $MgBr_2$-Stimulationsversuchen, zu Kontroll- und Vergleichszwecken, wiederholt worden und immer mit demselben günstigen Resultat.

Versuche mit Natriumbromid (NaBr)

Auch hier wurden alle Konzentrationsstufen von 100 ‰ bis 1 ‰ untersucht. Es wurde gefunden, daß die optimale Konzentration bei 50 ‰ liegt, und zwar erscheinen nach 30 Minuten Behandlung 10 % schwimmende Blastulae, bei 40 Minuten — 30 % und bei 50 Minuten fällt die Zahl der schwimmenden Blastulae wieder auf 10 %. Blastulae erscheinen auch noch bei Konzentration 30 ‰, und zwar 10 % nach 60 Minuten Behandlung und bei Konzentration 40 ‰ — und zwar nach Behandlung von 30 Minuten — in ziemlich großer Zahl — bis zu 30 %. Die meisten von diesen Blastulae entwickeln sich weiter bis zu gut ausgebildeten Plutei. Bei der Lösungskonzentration von 50 ‰ und bei der Einwirkungszeit von 40 Minuten entwickelt sich die größte Zahl zu regelmäßigen, lebhaft beweglichen Plutei — hier liegen die optimalen Grenzen.

Versuche mit Natriumbromat ($NaBrO_3$)

Die vielfachen Versuche mit verschiedenen Lösungskonzentrationen haben ergeben, daß die optimale Stimulationskonzentration für Natriumbromat bei 40 ‰, bei einer Behandlungszeit von 40 Minuten liegt. So z. B. entwickeln sich nach 40 Minuten Behandlung der Eier — ca. 80 % zu lebhaft schwimmenden Blastulae, von denen

ca. 50 % sich weiter zu gut ausgebildeten Plutei umbilden. Bei 50 Minuten Behandlung ist die Zahl der Blastulae 60 %, von denen ca. 1/3 sich zu Plutei umwandelt.

Schwimmende Blastulae, aber höchstens bis zu 20 %, entwickeln sich auch bei Behandlung der Eier mit Lösungen von 35 ‰ — 60 Minuten und bei Konzentration 45 ‰ — 30 Minuten.

Versuche mit Natriumjodid (NaJ)

Die Versuche haben ergeben, daß die beste Stimulationswirkung bei Behandlung der Eier mit einer Lösungskonzentration von 80 ‰ — 30 bis 40 Minuten zu erzielen ist. Gute Resultate gibt auch noch die Konzentration von 60 ‰.

In der Lösung 80 ‰ bei 10 Minuten Behandlung tritt keine Entwicklung ein, bei 20 Minuten ca. 20 % schwimmende Blastulae, die meisten ganz regelmäßig; bei 30 Minuten ca. 40 % schwimmende Blastulae; diese Zahl steigt auf 50 % bei Behandlung von 40 und 50 Minuten; bei 60 Minuten viele unregelmäßige Blastulae, nur vereinzelt regelmäßige.

Lösung 60 ‰: nur bei 20 Minuten Behandlung ca. 15 % regelmäßige Blastulae.

Die meisten Blastulae entwickeln sich weiter zu Plutei, die größte Zahl davon sind bei Konzentration 80 ‰ — bei 20, 30 und besonders bei 50 Minuten Behandlung.

Versuche mit Natriumnitrat ($NaNO_3$)

Die Entwicklung bis zu Plutei geht vor sich bei Behandlung der Eier mit einer Lösung von 40 ‰ (optimale Konzentration) und von 30 ‰.

Lösung 40 ‰: bei 40 Minuten ca. 10 % bewegliche Blastulae und bei 50 Minuten — ca. 5 %; bei 60 Minuten nur noch einzelne schwimmende Blastulae.

Lösung 30 ‰: bei 30 und 40 Minuten mehrere schwimmende Blastulae, bei 50 und 60 Minuten steigt deren Zahl auf 5 % und bei 70 Minuten auf 10 %, um bei 80 Minuten — auf 2—5 % herabzusinken; bei 90 Minuten entwickeln sich nur noch vereinzelte Blastulae.

Auch noch bei der Lösung 20 ‰, bei Behandlung von 60 bis 90 Minuten, entwickeln sich ca. 5—6 % der Eier zu schwimmenden Blastulae.

Die meisten dieser Blastulae entwickeln sich dann weiter zu Plutei. Die größte Zahl derselben sind bei der Lösung 40 ‰ — 40 und 50 Minuten, und bei 30 ‰ — 50 und 60 Minuten zu finden.

Versuche mit Natriumsulfat (Na_2SO_4)

Die vielen vorgenommenen Versuche haben gezeigt, daß die 70 und 80 ‰ Lösungen von Natriumsulfat eine sehr starke Stimu-

lationswirkung auf die Seeigeleier ausüben. Unter ihrem Einfluß entwickeln sich die Seeigeleier in einem sehr hohen Prozentsatz zu Plutei. In der Art und Weise seiner Wirkung gleicht das Na_2SO_4 sehr stark dem $MgBr_2$ 100 %, ja seine Wirkung ist mitunter besser als die des $MgBr_2$.

Lösung Na_2SO_4 100 %: bei 60 und 70 Minuten ca. 25 % Plutei; Lösung Na_2SO_4 80 ‰: bei 45 Minuten ca. 10 % Plutei, bei 60 Minuten steigt ihre Zahl auf 60 %, um bei 75 Minuten auf 40 % herabzusinken.

Lösung Na_2SO_4 70 ‰: bei 45 Minuten ca 40 % Plutei.

Die besten Resultate wurden demnach mit der Lösung 80 ‰ erzielt.

Versuche mit Natriumsulfid (NaS)

Durch viele Versuche mit Konzentrationen von 100 ‰ anfangend und stufenweise bis zu Konzentrationen 1 ‰, 0,5 ‰, 0,1 ‰ herabsteigend, wurde festgestellt, daß die optimale Konzentration bei 30 ‰ liegt. Bei Behandlung von 120—150 Minuten entwickeln sich viele freischwimmende Blastulae, die dann ihre Entwicklung teils zu Gastrulae, teils zu Plutei fortsetzen. Die Versuche haben ergeben, daß das Natriumsulfid kein besonders stark wirkendes Stimulans ist.

Versuche mit Natriumsulfit (Na_2SO_3)

Die günstigste Konzentration der Na_2SO_3-Lösung liegt, je nach dem Reifezustand der Eier, zwischen 50—70 ‰, und zwar bei Behandlungsdauer von 40—80 Minuten. Bei diesen Versuchen gaben manchmal die Eier bestimmter Weibchen bei Behandlung mit einer 60 ‰ Na_2SO_3-Lösung und bei Einwirkungsdauer von 60 Minuten ca. 50 % lebende Plutei.

Lösung 60 ‰: bei 35 Minuten ca. 10 % unregelmäßige, am Boden schleichende Blastulae; bei 45 Minuten — ca. 15 % regelmäßige, lebhaft schwimmende Blastulae; bei 55 Minuten — ca. 30 % schwimmende Blastulae. Auch die Lösungen von 20 bis 40 ‰ zeigen noch schwache stimulierende Eigenschaften. Bei 40 ‰ — 75 Minuten — entwickeln sich ca. 15 % schwimmende Blastulae und bei 85 Minuten — ca. 10 %.

Die meisten Blastulae entwickeln sich weiter zu Plutei.

Versuche mit Lösungsgemischen von Natriumsulfat (Na_2SO_4) und Natriumsulfit (Na_2SO_3)

Es wurden die verschiedenartigsten prozentualen Konzentrationen zwischen Na_2SO_4 und Na_2SO_3 gemacht, um die Wirkung der beiden Salze gegenseitig zu verstärken. Dieses ist uns aber nicht gelungen. Die Wirkung des Na_2SO_4 allein blieb besser als die Wirkung der geprüften Kombinationen. So haben wir die Konzentrationen von Na_2SO_4 80 ‰, 70 ‰ und 60 ‰, jede für sich der Reihe nach in Kombination mit folgenden Na_2SO_3-Lösungen: 20, 15, 10, 5,

3, 2 und 1 ‰ in ihrer Wirkung bei den verschiedensten Behandlungszeiten: 15, 30, 45, 60, 75 und 90 Minuten untersucht. Die Kombinationen mit Na_2SO_4 80 ‰ haben sich als nicht günstig erwiesen. Einigermaßen befriedigendere Resultate ergaben die Kombinationen zwischen Na_2SO_4 70 ‰ und Na_2SO_3 2,5, 5 und 7,5 ‰. Das Optimum wurde dabei nach Behandlung von 90 Minuten erreicht, während bei der Einwirkung mit Na_2SO_4 70 ‰ allein das Optimum der Behandlung bei 45 Minuten liegt.

Versuche mit Lösungsgemischen 1. KNO_3 60 ‰ + MgBr 50 ‰ (aa) und 2. KNO_3 60 ‰ + $MgCl_2$ 50 ‰ (aa)

Bei Behandlung von 70 Minuten — entwickeln sich bei beiden Gemischen — ca. 30 % der Eier zu Plutei. Auch bei diesen Versuchen erwies sich die Wirkung des KNO_3 oder $MgBr_2$ allein angewandt, bei optimaler Konzentration, überlegen der Wirkung der Lösungsgemische.

Versuche mit Lösungsgemischen von $MgBr_2$ + NaJ + KNO_3

Nach Untersuchung vieler verschiedenen Kombinationen, die zum Teil auch eine Entwicklungsanregung bis zu Plutei ergaben, wurden die Versuche hauptsächlich mit Lösungen fortgeführt, welche zu gleichen Teilen von den optimalen Lösungen von den obengenannten Stimulantien, d. i. $MgBr_2$ 100 ‰, NaJ 80 ‰ und KNO_3 60 ‰ zusammengesetzt waren. Bei Behandlung von 40 bis 55 Minuten entwickeln sich ca. 80 % schwimmende Blastulae, wovon 50 bis 60 % von den durch normale Befruchtung entstandenen Blastulae nicht zu unterscheiden sind, die übrigen 20—30 % der Blastulae sind etwas unregelmäßiger. Bei 60 und 65 Minuten Behandlung ist das Verhältnis der regelmäßigen zu den unregelmäßigen Blastulae umgekehrt. Alle regelmäßigen Blastulae und ein großer Teil der unregelmäßigen entwickeln sich weiter bis zu Plutei.

Aus diesen Versuchen ist zu entnehmen, daß das Gemisch aus gleichen Teilen der optimalen Stimulationslösungen von $MgBr_2$, NaJ und KNO_3 sehr gute Stimulationseigenschaften aufweist. Bei Behandlung der Eier 40—55 Minuten mit demselben entwickeln sie sich zu einem sehr hohen Prozentsatz zu Plutei.

Versuche, die angestellt wurden: 1. mit dem obengenannten Gemisch, das aber zur Hälfte mit Meerwasser verdünnt, und 2. mit demselben Gemisch, das mit 2 Teilen Meerwasser verdünnt wurde, — zeigten eine beträchtliche Abschwächung der Stimulationswirkung: nur ein geringer Prozentsatz der behandelten Eier entwickelte sich zu Plutei.

Versuche mit Lösungsgemischen, zusammengestellt aus gleichen Mengen der optimalen Lösungen von $MgCl_2$ 60‰ + $MgBr_2$

100 ‰ + NaJ 80 ‰ + KNO_3 60 ‰ bei Behandlungszeiten von 10 bis 120 Minuten. Bei der optimalen Behandlung von 50 Minuten entwickeln sich 60 % der Eier zu gut ausgebildeten Plutei.

Bei Verdünnung dieses Gemisches zur Hälfte mit Meerwasser fällt seine Stimulationswirkung bedeutend herunter: es entwickeln sich bei der optimalen Behandlung von 60 Minuten nur 10 % Plutei.

Versuche mit konzentriertem Meerwasser

Die vorher erwähnten Versuche veranlaßten uns, die stimulierende Wirkung des konzentrierten Meerwassers nachzuprüfen, und so kamen wir auf einen der ersten Versuche von Loeb und Delage über die künstliche Parthenogenese. Das Meerwasser zwischen Sardinien und Neapel hat nach Forchhammer folgende Zusammensetzung: NaCl — 30,292, KCl — 0,779, $MgCl_2$ — 3,240, $MgSO_4$ — 2,638, $CaSO_4$ — 1,605, zusammen — 38,584. Bei Konzentrierung des Wassers auf $^2/_3$ und bei einer Behandlung der Eier von 70 Minuten entwickeln sich ca. 3—4 % zu Plutei.

Versuche mit Zinkacetat ($Zn(C_2H_3O_2)_2 + 2\,H_2O$)

Es wurden verschiedene Konzentrationen des Zinkacetats auf seine Stimulationswirkung hin untersucht, und zwar: 0,1, 0,3, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3 und 3,5 ‰.

Schon bei einer Lösung von 0,3 ‰ und bei Behandlungszeit von 160—200 Minuten treten die Eier in Teilung ein, aber dieselbe hört nach 2—3 Teilungen auf. Mit der Steigerung der Konzentration verbessert sich der Entwicklungsanstoß; das Optimum wird erreicht bei Konzentration 3 ‰ und bei einer ganz kurzen Behandlungszeit von nur 2—5 Minuten, bei welcher die Eier in regelmäßige Teilungen eintreten, die bei 10—20 % der Eier bis zur Ausbildung von freischwimmenden, fast normalen Plutei führt.

Versuche mit Jod + Alk. Abs

Nach vielen tastenden Versuchen sind wir zu einer Stammlösung von 0,05 g Jod und 2 ccm Abs. Alk. gelangt, von der ausgehend die verschiedensten Konzentrationen der Jod-Alkohol-Lösung ausprobiert wurden. Die Versuche ergaben, daß die optimale Konzentration bei 1 ‰ liegt, und zwar bei Behandlung von 5 Minuten: es entwickeln sich ca. 60 % der Eier zu Morulae und frei umherschwimmenden Blastulae, die meisten von diesen sehen vollständig normal aus und sind kaum von den durch normale Befruchtung erhaltenen Blastulae zu unterscheiden. Diese Blastulae entwickeln sich dann weiter zu Plutei.

Versuche mit Glyzerin + Jod + Alkohol

Von dem Stammgemisch 10 ccm Glyzerin + 0,1 g Jod + 2 ccm 96 % Alkohol ausgehend, wurden die verschiedensten Verdün-

nungen auf ihre Stimulationswirkung hin untersucht. Es zeigte sich, daß bei der Lösung 2,5 ‰ und nach Behandlung von 40 Minuten sich einige Eier zu schwimmende Blastulae entwickeln, die dann ihre Entwicklung zu Plutei fortsetzen.

Versuche mit Weinsäure ($C_4H_6O_6$)

Die vielen Versuche, die wir mit der Weinsäure unternommen, haben ergeben, daß sich ihre stimulierende Wirkung in ziemlich weiten Konzentrationsgrenzen hält. So z. B. bekommt man Eiteilungen bei Konzentrationen von 40 ‰ und 60 ‰ und Behandlungszeiten von 2—5 Minuten und außerdem auch bei Konzentrationen von 8 und 10 ‰ bei Behandlungszeiten von 10 bis 20 Minuten. Nur bei dieser letzten Konzentration geht ein gewisser Prozentsatz der Teilungen weiter vor sich (15—20 %) und nur ein kleiner Teil derselben setzt dann die Entwicklung bis zu Plutei fort.

Es wird sicher bei weiterer Präzisierung der Versuche möglich sein, den Prozentsatz der Blastulae und Plutei zu heben. Die gewonnenen Resultate zeigen aber schon, daß die Weinsäure eine erhebliche Stimulationswirkung besitzt.

Versuche mit Chinolin (C_9H_7N)

Als gut stimulierend erwies sich die Verdünnung: 1 Tropfen Chinolin auf 20 ccm Wasser. Nach 5 Minuten Behandlung entwickeln sich 25—30 % der Eier zu freischwimmenden Blastulae, ein großer Teil derselben sieht vollständig normal aus: diese entwickeln sich auch weiter zu Plutei.

Das Chinolin zeigt beim genauen Einhalten der zwei Stimulationskomponenten: Konzentration der Lösung und Behandlungsdauer — beachtenswerte Stimulationseigenschaften, die genau, wie die vielen, bis jetzt besprochenen, stark und sicher wirkenden Stimulationsmittel auch praktische Bedeutung gewinnen könnten.

Versuche mit Chinaldin ($C_{10}H_9N$)

Die Lösungen von Chinaldin in Konzentration über 1 ‰ wirken überstimulierend auf die Eier. Bei Behandlung derselben mit einer Lösung von 1 ‰, 5—15 Minuten, treten gute Zellteilungen auf, die aber bald aufhören. Ungenügend dagegen ist die Wirkung der Konzentrationen unter 0,3, 0,1 und 0,05 ‰, wenn auch hier, sogar noch bei 0,05 ‰ bei Einwirkungen von 30 und 40 Minuten einige Zellteilungen auftreten.

Die günstigste Wirkung ergab die Konzentration 0,5 ‰. Bei Behandlung von 4 und 10 Minuten entwickeln sich einige der Eier zu gut ausgebildeten Gastrulae, die sich dann weiter in Plutei umbilden.

Auch bei Chinaldin ist zu erwarten, daß bei präziserer Einstellung der Konzentration und der Zeit der Einwirkung der Entwick-

lungsanstoß so dosiert werden kann, daß der Prozentsatz der Gastrulae und Plutei gehoben wird.

Versuche mit 0,5 % Chinaldin + 0,001 ‰ Kaliumpermanganat

Die optimale Zahl der ausgebildeten Gastrulae, bzw. Anfangsstadien von Plutei, fällt bei dieser Kombination mit der Behandlungszeit von 8—10 Minuten zusammen. Sonst ist die Wirkungsweise wie bei Chinaldin 0,5 ‰.

Versuche mit Glyzerin

Es wurde die stimulierende Wirkung des Glyzerins in Lösungen von 1 ‰ bis 80 ‰ in Abständen von je 5 ‰ und bei Behandlungszeiten von 10 bis 90 Minuten untersucht.

Die Lösungen 1 ‰ bis 40 ‰ erwiesen sich in allen Behandlungszeiten als wirkungslos. Ein anderes Bild zeigten die mit Glyzerin 50 ‰ 40 Minuten lang behandelten Eier. Hier entwickelten sich 80 % der Eier zu schwimmenden Blastulae, die dann zum großen Teil ihre Entwicklung bis zu normal ausgebildeten, besonders lebensfähigen Plutei fortsetzten. In geringerer Zahl entwickelten sich die Eier bis zu Plutei, auch nach Behandlung von 30 und 50 Minuten, so daß die optimalen Stimulationskomponenten bei Glyzerin 50 ‰ und Behandlung von 40 Minuten liegen.

Der Glyzerinversuch in seinen optimalen Komponenten wurde bis zu 20mal (als Vergleichskontrolle bei anderen Stimulationsversuchen) immer mit denselben günstigen Erfolgen wiederholt.

Austrocknungsversuche

Im Jahre 1904 hatte Giard die Seeigeleier zur Entwicklung angeregt durch einfaches Austrocknenlassen auf Fließpapier und nachträglichem Überführen in Meerwasser. Dieselben Versuche haben wir aus rein theoretischem Interesse wiederholt, und zwar auf folgende Weise: Mit einer feinen Pipette wurden aus der dicken Schicht der am Boden des Uhrschälchens abgesetzten Eier kleine Portionen, fast ohne Wasser, entnommen und auf offenstehende Uhrschälchen zur Austrocknung gebracht. Nach einer bestimmten Zeit, so z. B. nach 2, 2^{15}, 2^{30}, 2^{45}, 3, 3^{15}, 3^{30}, 3^{45}, 4 Stunden, wurde zu den Eiern Meerwasser zugesetzt und ihre Entwicklung weiter verfolgt. Das Resultat war folgendes:

bei 2 und 2^{15} Stunden ca. 15 % schwimmende Blastulae;

bei 2^{30} Stunden — ca. 25 % schwimmende Blastulae;

bei 2^{45} Stunden ca. 40 % schwimmende Blastulae;

bei 3 und 3^{15} Stunden ca. 30—40 % schwimmende Blastulae;

bei 3^{30} mehrere 2 und 4 Zellstadien — und hier hörte die Entwicklung auf.

Die Blastulae haben sich weiter zu Plutei entwickelt.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei dieser Versuchsanordnung, wie übrigens auch bei derjenigen von G i a r d, die Erhöhung der Konzentration der minimalen mitgenommenen Wassermengen durch die Verdunstung eine Rolle spielt. Außerdem aber wird bei der Austrocknung infolge der Wasserentziehung aus dem Eiprotoplasma der Konzentrationsgrad der im Protoplasma enthaltenen Mineralsalze erhöht und so die notwendige optimale Stimulationskonzentration erreicht.

Insofern haben die Austrocknungsversuche eine identische Stimulationsursache mit den Stimulationsversuchen z. B. mit konzentriertem Meerwasser. —

Anregung der Entwicklung bis zu Blastulae

V e r s u c h e m i t K a l i u m p e r m a n g a n a t ($KMnO_4$)

Die stimulierende Wirkung, Teilungsstadien der Eier, tritt erst bei sehr schwacher Konzentration, nämlich bei 0,01 ‰ ein. Als günstigste Konzentrationen haben sich 0,005 ‰ erwiesen. Die ersten schwimmenden Blastulae treten bei Behandlung von 15 Minuten auf, ihre Zahl vergrößert sich bei Behandlung von 30 bis 35 Minuten, — um bei 40 und 45 Minuten wieder abzunehmen. Trotz ihres normalen Aussehens entwickeln sich die Blastulae nicht weiter.

V e r s u c h e m i t C h r o m s ä u r e a n h y d r i d (CrO_3)

Bei den Konzentrationen 2, 1 und 0,5 ‰ und nach Behandlung von 2—3 Minuten treten nur vereinzelte Zellteilungen auf. Eine ziemlich gute Stimulationswirkung tritt erst bei der Konzentration 0,25 ‰ ein. Nach Behandlung von 50—70 Minuten entwickeln sich einige schwimmende, regelmäßige Blastulae, die in diesem Stadium verharren, ein Zeichen für die Unzulänglichkeit des empfangenen Stimulationsanstoßes.

V e r s u c h e m i t M a n g a n n i t r a t ($Mn(NO_3)_2$)

Bei Konzentration von 90—110 ‰ und bei Behandlung von 5 bis 15 Minuten zeigen eine große Zahl der Eier gut entwickelte 2 bis 16 Zellenstadien, die begonnene Entwicklung geht aber in seltenen Fällen bis zu freischwimmenden Blastulae.

Von unseren mehrfach wiederholten Versuchen haben wir den Eindruck bekommen, daß das $Mn(NO_3)_2$ kein besonders starkes Stimulans für die Seeigeleier ist.

V e r s u c h e m i t A m m o n i u m - E i s e n a l a u n ($FeNH_3(SO_4)_2 + 12$ aq)

Das Ammonium-Eisenalaun erwies sich in Konzentration von 1 ‰ als ziemlich gutes Stimulationsmittel. Bei 20 Minuten sind ca. 75 % der Eier in Teilung, bei 25 Minuten — 90 % und bei 35 Mi-

nuten sogar 95 %. Die Entwicklung geht bis zu kleinzelligen Morulae und Anfängen von Blastulation vor sich. Nach diesen Resultaten ist mit Bestimmtheit zu erwarten, daß nach genauerer Ausarbeitung der Versuche erheblich bessere Stimulationswirkungen zu erzielen sind.

Versuche mit Ferrosulfat ($FeSO_4 + 7$ aq)

Die stimulierende Wirkung tritt erst ein bei Konzentrationen, die niedriger als 3 ‰ sind.

Bei Konzentration 3 ‰ und bei 5 Minuten Behandlung wie auch bei Konzentration 0,2 ‰ und 30 Minuten Behandlung entwickeln sich einige Prozent der Eier bis zu schwimmenden Blastulae.

Versuche mit Äthylalkohol (C_2H_5OH)

Es wurden viele verschiedene Konzentrationen, von 10 ‰ anfangend bis 250 ‰, in Abständen von je 10 ‰, und zwar bei Behandlungszeiten von einigen Minuten bis zu 3—4 Stunden untersucht. Die günstigste stimulierende Wirkung stellte sich bei Konzentration 190 ‰ und bei Behandlungsdauer von 1 Minute ein: es entwickelten sich nur einige lebhaft schwimmende, ganz regelmäßige Blastulae. Diese verhältnismäßig sehr schwache stimulierende Wirkung des Alkohols auf die Entwicklung der Seeigeleier steht im Gegensatz zu der sehr stark belebenden Wirkung des Äthylalkohols auf die Euglenen-Cysten: Dieselben schlüpften nach 15 Minuten Behandlung mit 10 ‰ Alkohol zu 100 % aus.

Versuche mit Ameisensäure (HCOOH)

Höhere Konzentrationen als 1 ‰ wirken schädlich auf die Eier; auch die Konzentrationen zwischen 1 ‰ und 0,5 ‰ zeigen zwar stimulierende Eigenschaften, aber noch ziemlich schwache. Am besten sind dieselben ausgeprägt bei den Konzentrationen zwischen 0,5 ‰ und 0,1 ‰. So z. B. bei der Lösung von 0,3 ‰ und bei Behandlung von 2—2½ Minuten treten ca. 60 % der Eier in Teilung und bei 3 und 3½ Minuten — ca. 90 %. Die Entwicklung bis zu Blastulae machen aber nur diejenigen Eier durch, welche 2 bis 2½ Minuten behandelt worden sind. Bei den Konzentrationen von 0,25, 0,2, 0,15, 0,1 und 0,05 ‰ fällt die stimulierende Wirkung der Ameisensäure allmählich ab: man findet nur hier und da vereinzelte Zellteilungen.

Versuche mit Äthyläther ($C_2H_5—O—C_2H_5$)

Die günstigsten Resultate gibt die Konzentration — 3 Tropfen Äther in 1 ccm Meerwasser: bei Behandlung von 11 bis 14 Minuten treten einzelne Zellteilungen auf, die Entwicklung geht aber nicht weiter vor sich. Bei 50 Minuten Behandlung entwickelt sich eine

kleine Zahl der Eier, 20—30, bis zu schwimmenden Blastulae. Bei Behandlung von 70 Minuten sterben die Eier ab. Aus den Versuchsresultaten ist zu entnehmen, daß bei genauerer Feststellung der Konzentration und der Behandlungszeit die Seeigeleier ihre Entwicklung leicht bis zu Plutei fortsetzen könnten.

Versuche mit Milchsäure ($C_3H_6O_3$)

Die Konzentrationen 50—10 ‰ erwiesen sich für die Seeigeleier als zu stark. Eine, wenn auch nicht besonders ausgeprägte, Stimulationswirkung zeigten erst die Konzentrationen von 5 ‰ bis 1 ‰. Bei 5 ‰ und bei 2—3 Minuten Behandlung treten ca. 90 % der Eier in Teilung, und eine Anzahl von ihnen erreicht das Stadium von kleinzelligen Blastulae, bzw. von Ansätzen der Blastulation. Bei den übrigen Konzentrationen werden nur die ersten Zellteilungsstadien bis zu großzelligen Morulae erreicht.

Versuche mit Resorcin ($C_6H_4(OH)_2$)

Die Konzentrationen von 50—20 ‰ sind zu stark. Die stimulierende Wirkung tritt erst ein bei den Konzentrationen 10 ‰ bis 5 ‰. Bei den Lösungen 10 ‰ bis 7 ‰ und bei Behandlung von 3 bis 5 Minuten treten 25—30 % der Eier in Teilung. Bei der Lösung 5 ‰ und bei Behandlung von 8—12 Minuten befinden sich ca. 30 % der Eier in Teilung, von denen nur einzelne ihre Entwicklung bis zu schwimmenden Blastulae fortsetzen.

Versuche mit Gallussäure ($C_7H_6O_5 + H_2O$)

Es wurden viele Versuche mit Konzentrationen von 50 ‰ bis 1 ‰, mit Abstufungen von 5 ‰ und 3 ‰, durchgeführt. Am günstigsten erwies sich die Konzentration 1 ‰. Hier traten bei Behandlung von 10 Minuten — ca. 80 %, bei 20 Minuten — ca. 50 %, bei 30 Minuten — ca. 30 %, bei 40 Minuten — ca. 20 % und bei 50 Minuten — ca. 15 % Zellteilungen auf, die meistenteils nach Erreichung des kleinkernigen Morulastadiums in ihrer Entwicklung aufhörten; nur vereinzelte Eier kommen bis zum Stadium der beweglichen Blastulae.

Die vielen Versuche mit der Gallussäure haben erwiesen, daß dieselbe für Seeigeleier kein besonders günstiges Stimulans ist.

Anregung zur Zellteilung

Dieser Gruppe reihen sich Stimulationsmittel an, welche entweder infolge ihrer schwachen Stimulationswirkung oder aber, in manchen Fällen, infolge ungenügender Detaillierung der Versuche unsererseits, die Entwicklung der unbefruchteten Seeigeleier nur bis zu den ersten Zellteilungsstadien, 2- bis 16-Zellenstadien, anzuregen vermögen. Hierher gehören:

Versuche mit Kaliumbichromat ($K_2Cr_2O_7$)

Bei den Konzentrationen von 20—30 ‰ und bei einer Behandlungsdauer von 50—60 Minuten tritt die größte Zahl der Eier in Teilungen ein, ohne daß sie über die ersten Stadien (2- bis 4-Zellenstadien) herauskommen. Trotz vieler Versuche mit Konzentrationen von 10, 5, 1, 0,5 usw. bis zu 0,01 ‰ und trotz verschiedenster Einwirkungszeiten konnten wir die Resultate nicht heben, was für eine geringe Stimulationswirkung des Kaliumbichromats spricht.

Versuche mit Kalziumphosphat ($CaH_4(PO_4)_2$)

Die besten Stimulationsresultate ergab die Konzentration 120 ‰ bei Behandlung 5—10 Minuten, wobei alle Eier in Teilung übergingen und großzellige Morulae lieferten. Diese Versuche, bei denen die Wirkungsweise der Konzentrationen von 1 ‰, 10, 25, 50, 75 usw. bis 150 ‰ ausprobiert wurden, zeigten, daß das Kalziumphosphat ein gutes und gleichmäßig wirkendes Stimulans ist. Es wäre bei einer Detaillierung der Versuche mit Sicherheit eine Verbesserung der Resultate zu erwarten.

Versuche mit Superphosphat

Es wurden nur einige Konzentrationen auf ihre stimulierende Wirkung hin untersucht. Bei Konzentration von 20 ‰ und bei Behandlung von 30 Minuten tritt ein großer Prozentsatz der Eier in Teilung ein. Die Entwicklung geht aber selten über das 4-Zellenstadium hinaus.

Versuche mit Natriumfluorid (NaF)

Die Lösungen von 40—20 ‰ erwiesen sich als zu stark. Ab und zu trifft man 2-Zellenstadien. Bessere Resultate werden bei Behandlung der Eier mit einer 5 ‰-Lösung — 3, 4 bzw. 5 Minuten erzielt. Hier teilt sich die Mehrzahl der Eier in 2- bis 8-Zellenstadien, ohne daß die Entwicklung weiter vor sich geht. Bei Behandlung von 5—10 Minuten wird die Zahl der Teilungen geringer. Bei Behandlung über 10 Minuten sterben die Eier ab.

Diese Versuche zeigen, daß bei den gegebenen Lösungsbedingungen das NaF ein gleichmäßig wirkendes Stimulans von nicht allzu großer Kraft ist.

Versuche mit Natriumhydrosulfit ($NaHSO_3$)

Die Lösungen über 10 ‰ erwiesen sich als schädlich und die unter 5 ‰ bis 0,1 ‰ als sehr schwach stimulierend. Verhältnismäßig gute Resultate ergab die Lösung 5 ‰: bei Behandlung von 3 bis 6 Minuten erscheinen schon eine ziemlich große Zahl von 2-Zellenstadien; diese Zahl steigt auf 25 % bei Behandlung von 7 Minuten; bei 8 Minuten ist die Zahl der 2-Zellenstadien noch größer,

schon 60—75 %, und bei 9—10 Minuten Behandlung steigt dieselbe auf 75 %. Diese Versuche zeigen, daß das Natriumsulfit eine gleichmäßig stimulierende Wirkung auszuüben vermag.

Versuche mit Natriumnitrit ($NaNO_2$)

Das Natriumnitrit zeigte schwache stimulierende Eigenschaften. Es wurden sehr viele Versuche mit Konzentrationen von 100 ‰ bis auf 1 ‰, in Intervallen von 10 ‰, untersucht. Die meisten Zellteilungen, 2- und 4-Zellen, traten bei den Konzentrationen 25, 30 und 40 ‰, nach Behandlung von 5—10 Minuten, ein.

Versuche mit Natriumjodat ($NaJO_3$)

Schwache Stimulationseigenschaften zeigen die Konzentrationen von 15 ‰ und 20 ‰ bei Behandlung von 2—3 Stunden. Es entwickeln sich ziemlich viele 2- bis 4-Zellenstadien.

Versuche mit Äpfelsäure ($C_4H_6O_5$)

Die Amplitude der stimulierenden Wirkung der Äpfelsäure ist sehr groß. Wir konnten Zellteilungen (2- und 4-Zellenstadien) sowohl bei einer Konzentration von 30 ‰, 5—7 Minuten, als auch bei den Konzentrationen von 5 ‰ und 1 ‰ erzielen. Während die Zahl der Teilungsstadien bei 30 ‰ nur sehr gering war, teilten sich bei der Konzentration 5 ‰ — 10 und 15 Minuten ca. 70 % der behandelten Eier.

Versuche mit Strychnin ($C_{21}H_{22}N_2O_2$)

Die besten Resultate erzielt man mit der Konzentration 0,1 ‰, aber auch hier geht die Entwicklung nur bis zu den ersten Teilungsstadien.

Das Strychnin gehört mit zu den ältesten künstlich-parthenogenetischen Mitteln, mit welchen schon die Brüder Hertwig in den 90er Jahren gearbeitet und Kernteilungen erzielt haben.

Versuche mit Schwefelsäure (H_2SO_4)

Gute Stimulationseigenschaften ergaben die Konzentrationen 1 ‰, 0,8 ‰, 0,5 ‰ und 0,1 ‰. Der Einfachheit halber haben wir bei der Berechnung die konz. Säure als 100 % angenommen. Bei der Lösung 1 ‰, 2 bis 5 Minuten findet man viele regelmäßige Teilungen von 2—16 Zellen. Bei der Lösung 0,5 ‰, 4—5 Minuten kommen gleichfalls viele Teilungen vor; bei Behandlung 1—3 Minuten sind die Zellteilungsstadien vereinzelt.

Versuche mit Salzsäure (HCl)

Durch Einwirkung auf die Seeigeleier mit $^1/_{10}$ n-HCl-Lösung 5 Minuten lang entwickeln sich fast 30 % der Eier bis zu 2- und

4-Zellenstadien. Bei 10 Minuten Behandlung nimmt die Zahl der Zellteilungen sehr stark ab.

Die Wirkung der Salzsäure in starken Verdünnungen auf die Entwicklung der Seeigeleier ist auch von anderer Seite untersucht worden. Nur aus theoretischem Interesse haben auch wir einige Versuche angestellt, und dieselben nur soweit ausgearbeitet, bis wir Zellteilungen bekamen.

Versuche mit Alloin ($C_{34}H_{38}O_{15}$)

Aus den vielen Versuchen, die wir angestellt haben, scheint hervorzugehen, daß das Alloin eine ziemlich breite Stimulationskonzentrationsskala besitzt. So treten z. B. ca. 10—30 % der Eier in die ersten Zellteilungen ein (2- bis 4-Zellenstadien), bei Behandlung mit Konzentrationen von 30 ‰ 40 Minuten, 10 ‰ 2 Minuten und 1 ‰ 10 Minuten.

Versuche mit Methylal

Es wurden Lösungen von 1—30 ‰ untersucht. Die günstigste Wirkung zeigte die Lösung 10 ‰. Es entwickelten sich bei Behandlung von 20 bzw. 30 Minuten fast 90 % der Eier bis zum Morulastadium. Hier hörte die Entwicklung auf. Auch bei der Lösung 15 ‰ bei 10 Minuten Behandlung zeigten noch 70 % der Eier Zellteilungen. Unter und über diesen Konzentrationen hört die stimulierende Wirkung auf. Nach den bisherigen Resultaten ist zu erwarten, daß sich das Methylal bei genauer Ausarbeitung der Versuche als ein gutes Stimulationsmittel herausstellen wird.

Morphologie der Entwicklung der stimulierten Eier

Die Kern- und Zellteilung bei allen bisher besprochenen Versuchen geht auf dieselbe Art und Weise vor sich, die sich aber von der Art der Teilung bei der normalen Befruchtung wesentlich unterscheidet. Ich will dies hier an Hand von Beobachtungen an lebendem und fixiertem Material zusammenfassend besprechen.

Gleich nach der günstigen Stimulationsbehandlung vergrößert sich der exzentrisch gelegene Kern des reifen Seeigeleies durch Flüssigkeitsaufnahme und fängt an, sich nach dem Eizentrum zu zu bewegen. Hier angelangt, bildet sich um ihn herum, wie bei der normalen Befruchtung, eine starke Plasmastrahlung. Diesem Stadium folgt die Ausziehung des Kernes in die Länge, unter Beibehaltung einer Polstrahlung. Schließlich teilt sich der Kern in zwei Tochterkerne. Die Teilung derselben kann auch weitergehen und so zur Bildung von 4, 8 usw. Kernen führen, ohne daß es in diesem Falle noch zu einer Zellteilung gekommen wäre. Man trifft auch Fälle, wo die Kernteilung nach der Erreichung des Zweikernstadiums nicht mehr gleichzeitig weiter vor sich geht, so daß auch Dreikernstadien entstehen. Manchmal tritt gleich nach der ersten Kernteilung

auch Zellteilung ein, charakterisiert durch ein scharfes Einschneiden der Plasmafurche; oder die Zellteilung tritt erst im Drei- oder Vierkernstadium ein.

Neben diesen Teilungsarten schlagen die stimulierten Eier auch andere Teilungswege ein. So z. B., nachdem der vergrößerte Kern die zentrale Lage eingenommen hat, sieht man seinen Chromatingehalt in Form von kleinen Bröckchen sich peripher einlagern, dann aus dem Kern heraustreten und sich über das ganze Plasma verstreuen, so den Ursprung von vielen kleinen Kernen gebend: Karyomeritenbildung. In diesem Stadium angelangt, verliert sich die ursprüngliche, um den großen Kern vorhandene Plasmastrahlung, und man sieht, statt dessen, das Plasma mit vielen kleinen Strahlungsfiguren übersät, die sich um die kleinen Kerne gebildet haben. Die Zahl dieser Strahlungen und folglich auch die der neu ausgebildeten Kerne kann bis zu 20, 30 oder 40 steigen. Das Erscheinen dieser Strahlungsfiguren ist, wie uns die vielen Beobachtungen gelehrt haben, immer ein Anzeichen für die günstige und optimale Wirkung der Stimulation.

Je nach dem Reifezustand des Eiprotoplasmas und der Wirkungsweise des stimulierenden Agens zeigen die Eier Verschiedenheiten in der Kernteilung. So hat P a s p a l e f f[1]), der auf meine Veranlassung hin die morphologischen Veränderungen bei den stimulierten Eiern eingehend untersucht hat, gefunden: 1. daß bei allen Eiern, bei denen die Einwirkung des Stimulationsmittels genügt hat, um den normalen Zustand der Eizelle wiederherzustellen, die Entwicklung durch regelmäßige Mitose, mit halber Chromosomenzahl, vor sich geht. 2. In allen den Fällen, in denen die Eier durch die Einwirkung des Stimulans stärker aktiviert worden sind, als es für eine normale Entwicklung nötig ist, führen die zu sehr gesteigerten Oxydationsprozesse zur Bildung vieler Cytaster. 3. Nach einer noch stärkeren Einwirkung des Stimulans entsteht durch mehrere aufeinanderfolgende regelmäßige Mitosen ein vielkerniges Stadium, das dann simultan in viele Blastomeren zerfällt.

Beim Durchsehen der gefärbten Präparate von optimal stimulierten Eiern fällt der Reichtum an Chromatin auf, was ein Zeichen von einer, über das Maß gesteigerten Oxydation ist. Diese Chromatinanreicherung steht im Einklang mit der Annahme, daß die chromatische Substanz eine Oxydationsphase des Plastins ist. Und, da durch die gesteigerte Oxydation die Bildung von Chromatin plötzlich energisch einsetzt, so hängt damit auch der neu eingeschlagene Weg einer schnellen Kernbildung („Sekundärkernbildung", „Karyomeritenbildung") durch Chromatinaustritt aus dem Eikern zusammen. Dieses deutet darauf hin, daß die Lebensprozesse umänderungsfähig sind und daß sogar so grundlegende biologische Einrichtungen

[1]) G. Paspaleff: Cytologische Untersuchungen an stimulierten Seeigeleiern. Zellstforsch., Bd. I, Heft 4, 1925.

wie die Kernteilung und die Eifurchung durch ungewöhnliche Entwicklungsanregungen vollständig von der Norm abweichen und ganz neue Wege einschlagen können, die aber schließlich zu demselben Endresultat führen.

Nach Erreichung des Morulastadiums geht die Eientwicklung nach bekannter Weise vor sich, und es kommt zur Bildung von meistens ganz regelmäßigen, munter beweglichen Blastulae, deren Zahl bei den optimal stimulierten Versuchen bis zu 100 % ansteigen kann. Auch die weitere Entwicklung erfolgt im allgemeinen normal. Es bilden sich regelmäßige Gastrulae, die bald darauf die Dreimasterform annehmen und durch nachträgliche Bildung der Skelettstäbchen und der 4 Auswüchse und durch Differenzierung des Verdauungssystems in Plutei übergehen.

Aus den bis jetzt besprochenen Versuchen ist zu entnehmen, daß es eine große Zahl von chemischen Verbindungen gibt, welche deutlich ausgesprochene Stimulationseigenschaften haben. Ihre Wirksamkeit habe ich durch Versuche an encystierten Euglenen, an freilebenden Zellen, bei Untersuchungen über die Wundregeneration bei Pflanzen, Hydren, Planarien und Säugetieren, wie auch bei Stimulationsuntersuchungen an Pflanzensamen festgestellt. Alle diese Mittel haben die Eigenschaft, bei geeigneter Konzentration und bei optimaler Zeit der Einwirkung die Lebensfunktionen der somatischen Zellen zu heben. Nun war es von Bedeutung, nachzuprüfen, ob dieselben Zellstimulationsmittel, wie meine Schlußfolgerungen verlangten, auch eine stimulierende Wirkung auf die Entwicklung der reifen, unbefruchteten Seeigeleier auszuüben vermögen, und sie aus dem labilen Depressionszustand, in dem sie sich befinden, herausreißen und zur weiteren Entwicklung und Teilung anregen können.

Die hier mitgeteilten Versuche haben diese Erwartungen vollauf bestätigt. Die Zellstimulationsmittel sind, ohne Ausnahme, auch künstlich-parthenogenetische Mittel par excellence, welche bei geeigneter Einstellung der Konzentration und der Zeitdauer der Einwirkung die Entwicklung der Seeigeleier nicht nur bis zu den ersten Teilungen auslösen, sondern dieselben darüber hinaus bis zur Bildung von munter umherschwimmenden, normalen Blastulae bzw. Gastrulae und Plutei anregen. Damit ist die allgemeine Gültigkeit der Stimulationserscheinungen für alle lebenden Zellen erwiesen.

Die hier nachgewiesene Wirkung der Stimulationsmittel, auch auf die Geschlechtszellen, ist theoretisch interessant und wichtig. Nach der hier vertretenen Auffassung besteht der grundsätzliche Vorgang der Stimulation in einer Hebung der Oxydationsprozesse der Zelle und als Folge davon in einer globalen, allgemeinen Hebung ihres gesamten chemischen Metabolismus. Bei der Stimula-

tionswirkung auf die Geschlechtszellen findet dieser Grundsatz seine volle Bestätigung. Wie schon erwähnt, habe ich im Jahre 1907 die Ansicht vertreten, daß die Geschlechtszellen im Moment der Reife eine starke Herabminderung ihrer Lebensfunktionen und ihrer Oxydationsprozesse aufweisen. Diese Annahme, die sich auf morphologische und physiologische Beobachtungen stützte, hat in den späteren biochemischen Untersuchungen Warburgs ihre Bestätigung gefunden. Warburg hat nachgewiesen, daß der Oxydationskoeffizient der befruchteten Eizelle denjenigen der reifen, unbefruchteten Eizelle um das Vielfache übersteigt. Eine Folge der Steigerung der Oxydationsprozesse bei der Befruchtung ist die ansetzende Segmentation der Eizelle.

Dieselbe starke Hebung der Oxydationsprozesse muß nun auch nach jeder günstigen Stimulationseinwirkung auf die reifen, unbefruchteten Geschlechtszellen eintreten; denn auch hier stellt sich als Folge der Stimulation die Segmentation des Eies ein. Damit wird auch der Grundsatz vollauf bewiesen, daß die Ursache der Zellstimulation in erster Linie in einer Hebung der Oxydationsprozesse und als Folge davon des gesamten Zellmetabolismus zu suchen ist.

Unterbrochene und superposierte Stimulation

Bis jetzt habe ich die Wirkungsweise der einzelnen Stimulationsmittel besprochen und die Frage nach der optimalen Konzentration und der optimalen Zeitdauer ihrer Einwirkung untersucht. Von Interesse war des weiteren auch die Frage, wie sich eine Zelle auf nacheinanderfolgende, mit bestimmten Zeitintervallen voneinander getrennte Stimulationseinwirkungen verhalten würde, mit anderen Worten, ob eine Summierung, eine Kumulierung von zeitlich getrennten Stimulationseinwirkungen zu beobachten wäre.

Das Versuchsmaterial und die Versuchsanordnung, auch bei diesen Untersuchungen, blieben dieselben wie bei den vorher wiedergegebenen Stimulationsversuchen an reifen, unbefruchteten Seeigeleiern. Als Stimulationsmittel wurde ausschließlich $MgBr_2$ angewandt. Dieses ausgezeichnete Stimulans hat, wie ausgeführt wurde, seine optimale Lösungskonzentration bei 100 ‰ und die optimale Behandlungsdauer, je nach dem Reifezustand der Eier, zwischen 45 und 75 Minuten. In $MgBr_2$ haben wir ein Stimulationsmittel, welches in seiner Wirkung außerordentlich präzis und zuverlässig ist und sich deshalb für die Lösung vieler Fragen der Zellstimulation besonders gut eignet.

Je nach der Fragestellung wurde sowohl die Konzentration des Stimulationsmittels als auch die Zeit der Einwirkung verschieden variiert.

Nachstehend lasse ich die Resultate einiger diesbezüglicher Versuche folgen:

Versuch 1. Eier, die vor 1½ Stunden gelegt worden waren, wurden in drei gleiche Portionen geteilt und zuerst mit einer Lösung von $MgBr_2$ 20 ‰, die in ihrer Wirkung als schwach anzusprechen ist, 3 bzw. 2 und 1 Stunde lang behandelt, und zwar wurde die Behandlung so vorgenommen, daß alle drei Partien gleichzeitig aus der Stimulationslösung herausgenommen wurden. Gleich darauf wurden die Eier 4mal nacheinander gut ausgewaschen und 2 Stunden lang in reines Meerwasser gestellt. Nach Ablauf dieser Zeit wurden von jeder der drei Partien einzelne Portionen der Eier 30, 45, 60, 75 bzw. 90 Minuten lang mit der optimalen Stimulationskonzentration, nämlich mit $MgBr_2$ 100 ‰, behandelt und unter Belassung a) von je zwei für jede Behandlungszeit gleichzeitig angelegten, direkt mit $MgBr_2$ 100 ‰ stimulierten Kontrollen und b) von zwei Kontrollen unbehandelter Eier, — in ihrer Entwicklung verfolgt. Nachfolgend gebe ich das verkürzte Protokoll eines solchen Versuches wieder:

Bei der Kontrolle 30 Minuten in $MgBr_2$ 100 ‰ — keine Blastulae.

Bei den 1 Stunde vorbehandelten Eiern + 30 Minuten Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ — keine Blastulae.

Bei den 2 Stunden vorbehandelten Eiern + 30 Minuten Stimulation ca. 15 % schwimmende, normale Blastulae.

Bei den 3 Stunden vorbehandelten + 30 Minuten Stimulation — nur einzelne schwimmende Blastulae.

Bei der Kontrolle 45 Minuten $MgBr_2$ 100 ‰ — keine Blastulae.

Bei 1 Stunde vorbehandelten + 45 Minuten Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ — nur vereinzelte Blastulae.

Bei 2 Stunden vorbehandelten + 45 Minuten Stimulation — ca. 15 % Blastulae.

Bei 3 Stunden vorbehandelten + 45 Minuten Stimulation — ca. 10 % Blastulae.

Bei der Kontrolle 60 Minuten $MgBr_2$ 100 ‰ — ca. 10 % Blastulae.

Also erst bei 60 Minuten Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ erschienen in der Kontrolle Blastulae; bei den 2 Stunden vorbehandelten Eiern dagegen schon nach 30 Minuten Stimulation.

Bei 1 Stunde vorbehandelten + 60 Minuten Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ — vereinzelte Blastulae.

Hier ist schon die Wirkung der Überstimulation bemerkbar.

Bei 2 Stunden vorbehandelten + 60 Minuten Stimulation, wie bei 1 Stunde + 60 Minuten.

Bei der Kontrolle 75 Minuten $MgBr_2$ 100 ‰ — ca. 15 % Blastulae (bei den angewandten Eiern war dies die höchste Zahl).

Bei 1 Stunde vorbehandelten + 75 Minuten Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ und bei 2 Stunden vorbehandelten + 75 Minuten Stimulation — keine Blastulae.

Bei 3 Stunden vorbehandelten + 75 Minuten Stimulation — 4 unregelmäßige, bewegliche Blastulae.

Bei der Kontrolle 90 Minuten $MgBr_2$ 100 ‰ — nur vereinzelte Blastulae.

Bei 1—3 Stunden vorbehandelten + 90 Minuten Stimulation $MgBr_2$ 100 ‰ — keine Blastulae.

Der vorstehende wie auch zwei andere, ähnlich verlaufene Versuche zeigen, daß eine Kumulation, eine Summierung der Stimulationswirkung vorhanden ist. Denn bei der Vorstimulation mit $MgBr_2$ 20 ‰, also mit einer Lösungskonzentration, die normalerweise keine stimulierende Wirkung auf die Seeigeleier aufweist und bei einer nachträglichen Stimulation mit der optimalen $MgBr_2$-Konzentration von 100 ‰ ist die optimale Zeit der Einwirkung bei der Vorstimulation von 2 Stunden — 30 und 45 Minuten. Bei den im vorliegenden Versuch behandelten Eiern entwickelten sich nach dieser Zeit der Einwirkung ca. 15 % Blastulae. Bei derselben Behandlungszeit entwickelten die Kontrollen (bestehend aus nicht vorbehandelten, normalen Eiern, — stimuliert direkt mit $MgBr_2$ 100 ‰) keine einzige Blastula; dieselben erschienen erst nach einer Behandlung von 60 Minuten und erreichten ihr Optimum von ca. 15 % bei 75 Minuten — nach einer Zeit also, wo alle vorbehandelten Versuche sich schon in der Phase von Überstimulation befanden, da sich bei 75 und 60 Minuten Nachbehandlung mit $MgBr_2$ 100 ‰ bei diesen letzteren überhaupt keine Blastulae entwickelten. Die Eientwicklung blieb nach den ersten Teilungsstadien stehen. In den 2 Stunden mit $MgBr_2$ 20 ‰ vorstimulierten und dann, nach 2stündiger Pause, 30 und 45 Minuten lang mit $MgBr_2$ 100 ‰ nachstimulierten Eiern entwickelten sich die Blastulae zu jungen Plutei. Bei den nicht vorbehandelten Kontrollen machten diese Entwicklung nur die Eier, welche 75 Minuten normal mit $MgBr_2$ 100 ‰ stimuliert wurden, durch.

Versuch 2. Eine Summierung der Stimulation zeigt auch der folgende Versuch mit $MgBr_2$ 50 ‰ und mit $MgSO_4$ 50 ‰, d. h. mit Lösungskonzentrationen, die, für sich allein angewandt, keine genügenden Stimulationseffekte zeigen und keine günstige Entwicklung der Eier hervorrufen.

Die verschiedentlich variierten und mehrmals wiederholten Versuche zeigten z. B. folgendes: Eier, welche mit einer 50 ‰ $MgBr_2$-Lösung 85 Minuten lang behandelt worden waren und dann nach Abwaschen der Lösung und 40 Miduten Stehenlassen in normalem Meerwasser, nachträglich 10, 20, 30, 40 bzw. 50 Minuten lang mit einer 50 ‰ $MgSO_4$-Lösung stimuliert wurden, — zeigten bei Nachstimulation von 20 Minuten — ca. 10 % Entwicklungen zu Plutei.

Nirgends haben sich in den Kontrollen, die mit $MgBr_2$ 50 ‰ bzw. mit $MgSO_4$ 50 ‰ allein stimuliert wurden, Blastulae oder gar Plutei gebildet.

Versuch 3. Die Entwicklung der Seeigeleier bis zu Plutei wurde auch durch folgende Behandlung erzielt: Stimulierung der Eier 60 Minuten mit $MgBr_2$ 50 ‰, dann Auswaschen und nach 30 Minuten Pause Nachbehandlung 20 Minuten lang mit $MgSO_4$ 50 ‰, nochmaliges Auswaschen und nach abermaliger Pause von 30 Minuten Nachbehandlung 10 Minuten lang mit einer 25 ‰ Lösung von $MgCl_2$. Alle diese drei Lösungen in den angegebenen Konzentrationen, für sich allein angewandt, können niemals eine Entwicklung der Eier bis zu Blastulae bzw. Plutei hervorrufen. Die Kumulationsstimulationswirkung tritt auch bei diesem Versuch besonders deutlich hervor.

Versuch 4. Es wurden auch Versuche bei Behandlung mit Ameisensäure und Nachbehandlung mit Magnesiumbromid unternommen. Auch hier konnten wir z. B. bei Vorbehandlung der Eier 2 Minuten lang mit 0,3 ‰ Ameisensäure, dann Auswaschen aus der Lösung und gleich darauf Nachbehandlung 35 Minuten lang mit einer 100‰ $MgBr_2$-Lösung die Entwicklung der Eier bis zu Plutei anregen. Bei der getrennten Anwendung der obengenannten Stimulationslösungen in den bei dem Versuch angewandten Zeiten vermag keines der Stimulantia allein die erzielte Entwicklung hervorzurufen.

Die Versuche über kumulierte Stimulation könnten wichtige Anhaltspunkte für die Therapie geben, denn sie zeigen, daß man zu einer optimalen Stimulation durch Darreichung von kleinen, an und für sich unzureichenden Stimulationsdosen kommen kann. Eine Hauptbedingung für die Erreichung dieser kumulierten Wirkung ist aber, daß die Intervalle zwischen zwei Stimulationswirkungen nicht eine bestimmte Grenze überschreiten, denn in diesem Falle könnten, wie unsere Versuche zeigten, entgegengesetzte Resultate als die erwarteten eintreten, und zwar aus folgenden Gründen: da die Geschlechtszellen sich in einem Zustand starker Herabsetzung ihrer Oxydationsprozesse befinden, werden sie durch eine schwache Stimulation in einen unzureichend intensiven Oxydationszustand versetzt, der nicht genügt, die begonnene Entwicklung weiterzuführen; in diesen labilen Zustand gebracht, sterben die Eier mitten in den ersten Teilungsstadien ab. Die Eier der unbehandelten Kontrolle dagegen, welche im Zustand schwacher Abwicklung der Oxydationsprozesse, im Zustand von vita minima verbleiben, halten sich längere Zeit am Leben.

Wenn wir aber nach der ersten schwachen Stimulation, nach einer bestimmten, experimentell festzusetzenden Zeit, bevor noch die begonnene Entwicklung Verfallserscheinungen zeigt, einen zweiten und dann einen dritten usw. schwache Stimulationsstöße folgen lassen, dann sind wir imstande, durch diese sukzessiven stimulieren-

den Stöße die Oxydationsprozesse in Fluß zu halten und so die Entwicklung langsam vorwärts zu bringen. Kommt aber unser zweiter Entwicklungsstoß schon in das Stadium des angesetzen Abfalles der Oxydationsprozesse, so wird er von geringerer, ja, wenn eine bestimmte Grenze überschritten ist, von gar keiner Wirkung sein. Und so könnten unzeitgemäß folgende Stimulationseingriffe, statt zu einer Hebung der Oxydationsprozesse, zu einer Desorientierung der Lebenserscheinungen führen.

Diese bestimmten Zwischenpausen, die eingehalten werden müssen, um eine Kumulation, eine Summierung der schwachen Stimulationserscheinungen zu verursachen, müssen experimentell streng festgelegt und richtig eingehalten werden, wenn wir positive Ergebnisse erzielen wollen.

Diese Reaktionsweise erinnert sehr stark an die empirisch festgestellten Methoden der Immunisation, der Hebung des opsonischen Indexes usw., wie auch der therapeutischen Anwendung von Medikamenten. Auch in diesen Fällen kann es vorkommen, daß durch eine in der Zeit nicht genau abgepaßte Einspritzung oder Darreichung eines Medikamentes der angestrebte Effekt eher verschlechtert als verbessert wird. Und diese Parallele ist sicher nicht zufällig, sondern in der Ähnlichkeit der sich dabei abspielenden Prozesse tiefer begründet.

Die Erscheinungen der kumulierten Stimulation sind, wie ich noch darlegen werde, von Bedeutung bei der Auffassung der Krebswucherung als eine Stimulationsanregung, als eine Stimulationsexaltation der Zellteilungsprozesse.

Die kumulierte Stimulation könnte außerdem eine Bedeutung, wie wir später sehen werden, auch bei der Samenstimulation gewinnen, und zwar durch Einschaltung einer vorherigen Sensibilisierungsphase.

Über die Möglichkeit der Erhöhung der Wirksamkeit der Stimulationsmittel

Die Versuche zur Erhöhung der Wirksamkeit der Stimulationsmittel sind als logische Fortführung der Versuche über kumulierte Stimulation entstanden.

Die Versuche mit $MgBr_2$ haben gezeigt, daß die optimale Stimulationskonzentration sich bei 100 ‰ befindet. Unmittelbar unterhalb dieser Konzentration, bei 80 ‰ und 60 ‰ ist die stimulierende Wirkung eine ungenügende und hört unter 50 ‰ fast ganz auf. Es ist aber möglich, die Wirkung des $MgBr_2$ durch Zusatz von einigen besonders dazu geeigneten Substanzen, z. B. durch Zusatz von geringen Mengen von Strychnin oder einigen stark katalytisch wirkenden Mitteln erheblich zu verstärken.

Das Strychnin gehört mit zu den ältesten künstlich-parthenogenetischen Mitteln, die alle nach unserer Auffassung allgemeine

Zellstimulationsmittel und demzufolge imstande sind, die Oxydationsprozesse der Zellen über das gewöhnliche Maß hinaus zu heben. Unsere Versuche mit Strychnin zeigten, daß die beste Konzentration, welche imstande ist, die Seeigeleier zu den ersten Teilungen (2 und 4 Zellen) anzuregen, bei 0,1 ‰ liegt. Es scheint aber, daß das Strychnin ganz besonders die Fähigkeit hat, zusammen mit anderen Stimulationsmitteln die Wirkungsweise derselben in hohem Maße zu steigern und ihnen eine stimulierende Wirkung bei Konzentrationen zu verleihen, bei welchen eine solche normalerweise nicht eintritt.

Das Gesagte ist aus folgenden Versuchen zu ersehen:

Kontrolle: Seeigeleier behandelt 15, 30, 45, 60, 75 und 90 Minuten mit Strychninlösung 0,05 ‰.

Eierportionen behandelt mit:

I $MgBr_2$ 25 ‰ in Strychninlösung 0,05 ‰ 60, 75, 90, 105 und 120 Minuten;

Ia $MgBr_2$ 25 ‰ in Meerwasser 60, 75, 90, 105 und 120 Minuten;

II $MgBr_2$ 50 ‰ in Strychninlösung 0,05 ‰ 60, 75, 90, 105 und 120 Minuten;

IIa $MgBr_2$ 50 ‰ in Meerwasser 60, 75, 90, 105 und 120 Minuten;

III $MgBr_2$ 75 ‰ in Strychninlösung 0,05 ‰ 60, 75, 90, 105 und 120 Minuten;

IIIa $MgBr_2$ 75 ‰ in Meerwasser 60, 75, 90, 105 und 120 Minuten.

Unbehandelte Kontrollen.

12 Stunden nach Anlegen des Versuches:

Bei den Strychninkontrollen — 15 — 45 Minuten — die Eier unbeeinflußt; bei 60 Minuten einzelne zweikernige Eier; bei 75 Minuten 50 % zweikernige Eier; bei 90 Minuten — 50 % zweikernige und 50 % mehrkernige Eier.

Bei I 60 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae. Dasselbe auch bei I 75 und 90 Minuten.

Bei Ia 60 Minuten — die Eier unbeeinflußt. Dasselbe auch bei Ia 75 und 90 Minuten.

Bei I 105 Minuten — keine Blastulae.

Bei Ia 105 Minuten — nur einige unregelmäßige Teilungen.

Bei I 120 Minuten — nur einzelne unregelmäßige Teilungen.

Bei Ia 120 Minuten — wie bei Ia 105 Minuten.

Bei II 60 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.

Bei IIa 60 Minuten — ca. 10 % unregelmäßige 2- bis 4-Zellteilungen.

Bei II 75 Minuten — ca. 2—3 % schwimmende Blastulae.

Bei IIa 75 Minuten — die meisten Eier mehrkernig.

Bei II 90 Minuten — einzelne Blastulae.

Bei IIa 90 Minuten — wie IIa 75 Minuten.

Bei II 105 Minuten — einzelne unregelmäßige Blastulae.

Bei IIa 105 Minuten — 5 % unregelmäßige Teilungen.

Bei II 120 Minuten — nur einzelne mehrkernige Eier.

Bei IIa 120 Minuten — 90 % mehrkernige Eier.
Bei III und IIIa bei allen Behandlungszeiten haben sich keine Blastulae gebildet; es ist nur bis zu unregelmäßigen Teilungen gekommen.

Aus diesem und anderen ähnlich verlaufenen Versuchen ist zu entnehmen, daß die Wirkung des $MgBr_2$ durch Zusatz von geringen Mengen von Strychnin stark gehoben werden kann, denn wir bekommen in diesem Falle schon bei der Behandlung der Seeigeleier mit 25 ‰ $MgBr_2$-Lösung lebende Blastulae; d. h. bei einer Konzentration, bei der sonst bei normalreifen Eiern (nicht bei überreifen Eiern) höchstens die ersten Zellteilungen eintreten. In diesem speziellen Fall scheint das Strychnin die behandelten Zellen besonders empfänglich für Stimulationswirkungen zu machen, es versetzt das lebende Molekül in sensibilisierten, angeregten Zustand für die intramolekülaren Umsetzungen, die durch die stimulierend wirkenden Agentien in der lebenden Substanz ausgelöst werden.

Es sind weitere Versuche im Gange, um geeignete Kombination zwischen einem gleichmäßig wirkenden Stimulans und sensibilisierend wirkenden Stimulationsmitteln, vor allen Dingen starke Katalysatoren, herauszufinden. Diese letzteren könnten dazu berufen sein, die Wirkung der Stimulationsmittel im allgemeinen zu erhöhen. Von diesem Standpunkt aus glaube ich, daß diese Untersuchungen einmal auch praktisch wichtige Bedeutung, sowohl für die Stimulation der Pflanzensamen, als auch für die Therapie im allgemeinen gewinnen werden.

Die Entwicklungsanregung bei der normalen Befruchtung als Stimulationsvorgang

Entwickelungsanregung — Stimulation der reifen unbefruchteten Seeigeleier durch Extrakte von Blütenstaub (Pollen)

Beim Durchsehen der hier wiedergegebenen Stimulationsversuche an Seeigeleiern fällt auf, wie präzis die Einstellung der Stimulationsmittel in bezug auf Konzentration der Lösung und der Zeit der Einwirkung sein muß, um die optimale Wirkung auf die reifen Seeigeleier zu erreichen, bei welcher dieselben nicht nur in die Entwicklung eintreten, sondern sie auch weiter bis zur Bildung von normalen, lebensfähigen Plutei fortführen. In diesem letzten Fall ersetzt die Stimulationsbehandlung vollkommen die entwicklungsanregende Wirkung der normalen artspezifischen Befruchtung. Man könnte fast sagen, daß die Wirkung von KBr 25 ‰ — 40 Minuten, oder diejenige des KJ 40 ‰ — 45 Minuten, oder die des Glyzerins 50 ‰ — 40 Minuten, oder die des $MgBr_2$ 100 ‰ — 70 Minuten usw. beinahe vollständig gleichwertig mit der des artspezifischen Spermatozoons ist. Bei prozentual höheren Stimulationslösungen bzw. bei längeren Zeiten der Behandlung ist die Wirkung

des betreffenden Stimulantes derjenigen einer polyspermischen artspezifischen Befruchtung zu vergleichen, — welche also einer Überstimulation gleichzustellen wäre. Und umgekehrt: bei niedrigeren Zeiten der Einwirkung bzw. bei geringerer als die normalprozentuale Zusammensetzung der Stimulationslösung würden wir es mit einer für die normale Entwicklung ungenügenden Stimulation zu tun haben, was einer ungenügenden Befruchtungsanregung gleichkäme, etwa dem Fall vergleichbar, der bei nicht ganz passenden Befruchtungskreuzungen mit artfremden Spermatozoen eintritt. Es wäre freilich möglich, daß ein artfremdes Spermatozoon auch eine Überstimulation hervorrufen könnte, je nach den Stimulationspotenzen desselben.

Von diesen Überlegungen und Vergleichen ausgehend, kann man in der normalen Befruchtung zwei Momente unterscheiden: — das Moment der Befruchtungsanregung und dasjenige, welches durch Übertragung von artspezifischer Substanz mit der Vererbung eng verbunden ist. Wichtig und von Bedeutung für uns ist hier nur das erste Moment, das der Entwicklungsanregung, denn nur dieses können wir durch unsere Stimulationsmittel vollauf ersetzen.

„Die Mannigfaltigkeit der Zellstimulationsmittel, welche, wie wir gesehen haben, imstande sind, die reifen Strongylocentrotuseier zur Entwicklung anzuregen, wenn wir nur die Stimulanten auf die richtige Konzentration und Zeit der Einwirkung einstellen, läßt die logische Schlußfolgerung zu, daß auch bei der normalen, artspezifischen Befruchtung, der entwicklungsanregende Anstoß des Spermatozoons insofern ein Spezifikum für das artverwandte Ei darstellt, als hier eine genaue peinliche Anpassung des entwicklungsanregenden Moments auf das artspezifische Ei herausgearbeitet worden ist. Und da dieser entwicklungsanregende Anstoß auch bei der normalen Befruchtung durch ein chemisches Agens — gleichgültig ob organischer oder anorganischer Natur — besorgt wird, so haben wir folglich denselben Vorgang wie bei einer Stimulationswirkung auf Seeigeleier, bei welchem, um den normalen Verlauf zu sichern, durch eingreifende Experimente, ebenfalls die genaue optimale Einstellung herausgefunden werden muß, um sich auf diese Weise der bei der normalen artspezifischen Befruchtung getroffenen Stimulationseinstellung zu nähern bzw. dieselbe vollständig nachzuahmen."

„Wenn wir aber imstande sind, was nach dem Ausfall der bisherigen Versuche nicht anders zu erwarten ist, mit einer großen Zahl von Stimulationsmitteln, chemischer und physikalischer Natur, die reifen unbefruchteten Seeigeleier oder irgendeine andere Eiart zur normalen Entwicklung bis zur Erreichung von lebensfähigen Embryonen anzuregen, so ist logischerweise nichts dagegen einzuwenden, daß es auch möglich sein muß, durch Extrakte von Spermatozoen, und zwar nicht nur gleicher Art, wie dies Piéri 1899 und Winkler 1900 getan

haben, sondern durch Extrakte von Spermatozoen irgendwelcher Art, jedes beliebige Ei zur Entwicklung anzuregen, d. h. stimulieren zu können. Voraussetzung in dem Falle artfremder Spermatozoenextrakte ist aber, daß auch bei denselben für jede Art Eizelle die richtige Konzentration und die optimale Zeit der Einwirkung experimentell gefunden wird." (M. Popoff, „Stimulationsstudien an reifen Seeigeleiern". Zellstforsch. Bd. I, Heft 3, S. 284 und 285, Mai 1925.)

Also wir müssen demnach auch bei der befruchtenden Wirkung eines jeden männlichen Geschlechtsproduktes die Stimulationsphase von der Vererbungswirkung trennen und mit der ersteren genau so operieren können wie mit irgendeinem Stimulationsprodukt. Genau so wie wir bei unseren bisherigen Versuchen die Entwicklung der Strongylocentrotuseier mit mehr als 50 chemischen Mitteln anregen konnten, genau so muß es möglich sein, mit den verschiedenartigsten Stimulationssubstanzen der männlichen Geschlechtsprodukte irgendwelcher Art, die Entwicklung des Seeigeleies oder irgendwelcher anderer Eiart anzuregen. Diese Stimulationsmittel sind in den männlichen Geschlechtsprodukten in der optimalen Konzentrations- und Stimulationsdosis für das artspezifische normalreife Ei vorhanden. Weicht aber das Ei in seinem Reifezustand von der Norm ab, so zeigt, wie unsere Versuche nach dieser Richtung (die ich später zu besprechen habe) beweisen, die Stimulationswirkung des Spermatozoons schon einige Unzulänglichkeiten, denen wir durch geeignete Einwirkung mit chemischen Stimulationsmitteln erfolgreich nachhelfen können.

Diese Abweichungen zeigen schon, daß die Stimulationssubstanz der männlichen Geschlechtsprodukte genau angepaßt für die Entwicklung des betreffenden Eies sein muß, um die Entwicklung normal und optimal anzuregen. Es muß deshalb auch möglich sein, wenn wir die Stimulationssubstanz irgendeines männlichen Geschlechtsproduktes — tierischen oder pflanzlichen Ursprungs — extrahieren und mit dem Extrakt wie mit einer chemischen Stimulationslösung operieren, wie wir dies mit den chemischen Mitteln getan haben, durch peinliche Bestimmung der Konzentration des Extraktes und der Zeit seiner Einwirkung, denselben für jede beliebige Eizelle so einzustellen, daß wir die optimale Stimulationsdosis, die für die Entwicklung des betreffenden Eies notwendig ist, herausfinden.

Die Richtigkeit dieser Betrachtung, wie aus dem Nachstehenden ersichtlich sein wird, haben wir experimentell nachgewiesen. Es ist uns geglückt, reife Seeigeleier durch genau nach Konzentration und Zeit der Einwirkung eingestellte Extrakte vom Blütenstaub der Eiche Quercus ilex (Fam. Cupuliferae) und Calla aethio-

pica (Fam. Aroïdeae) nicht nur zu den ersten Zellteilungen anzuregen, sondern auch regelrecht gebildete Morulae, ja sogar bewegliche Blastulae zu bekommen.

Die Versuchsanordnung, welche zu diesen bemerkenswerten Resultaten führte, war die folgende:

1. Die Versuche wurden ausgeführt im Monat Mai 1926 in der Zoologischen Station zu Neapel mit reifen unbefruchteten Eiern von dem Seeigel Strongylocentrotus lividus. Bei der Gewinnung und der Behandlung der Eier wurden auf das peinlichste alle jene Vorsichtsmaßregeln, die hier schon besprochen wurden, befolgt. Die Seeigel wurden vor dem Aufschneiden gründlich mit Süßwasser ausgewaschen; alle bei den Versuchen verwendeten Pipetten waren vor jedem Eingriff mit Süßwasser sorgfältig gereinigt; zu den Versuchen wurde nur durch Berkefeldfilter durchpassiertes Wasser gebraucht.

2. Für die Extrakte wurde Pollen von der Eiche Quercus ilex und von Calla aethiopica, welche gerade in dieser Zeit in voller Blüte standen und leicht zu beschaffen waren, genommen. Blühende Zweige von Quercus ilex wurden abgeschnitten und durch Schütteln ca. 50 g reiner Pollen gesammelt. Für die Extrakte von Calla haben wir den Pollen von ca. 50 Blumen gebraucht, den wir mehrere Tage nacheinander durch Ausschütteln sammelten.

Die Gewinnung der Pollenextrakte haben wir verschiedentlich variiert. Hier werde ich nur diejenigen Versuche wiedergeben, bei welchen die Entwicklung der Eier sich bis zu freischwimmenden Blastulae fortsetzte.

a) Stimulationsversuche mit Extrakten von Pollen von Calla (Zanthedeschia) aethiopica

3 g reiner, frischer Pollen von Calla wurde eine Stunde lang ohne Wasserzusatz im Porzellanmörser kräftig gerieben, bis sich bei der Kontrolle unter dem Mikroskop zeigte, daß fast alle Pollenkörner zerplatzt waren. Dann wurden 45 ccm (= für 1 g Pollen 15 ccm) destilliertes Wasser zugesetzt, ca. 15 Minuten umgerührt, 3 Stunden stehen gelassen und zentrifugiert. Die so gewonnene Extraktflüssigkeit wurde zu je 15 ccm in drei Petrischalen eingegossen und dann bei 40—45 ° C verdunsten gelassen. Der trockene Rest, der ein grünliches Häutchen am Boden der Petrischalen bildete, wurde in 3, 4 bzw. 5 ccm Meerwasser unmittelbar vor Beginn des Versuches aufgelöst. Auf diese Weise haben wir drei verschieden starke Extrakte bekommen, mit denen drei Versuchsserien angelegt wurden.

Für diese Versuche wurden die Eier von zwei Weibchen verwandt, welche am 20. Mai 1926 nachmittags gelegt wurden und bei den Vorversuchen mit $MgBr_2$ 100 ‰ sich zu beweglichen Blastulae entwickelt hatten.

Mit den zurückbehaltenen Eiern von diesen zwei Weibchen wurden am 21. Mai vormittags folgende Versuche angestellt:

Weibchen I:

Versuchsserie I behandelt mit Extrakt von 1 g Pollen in 3 ccm Seewasser,
„ II „ „ „ „ 1 „ „ „ 4 „ „
„ III „ „ „ „ 1 „ „ „ 5 „ „

Behandlungszeit der Eier in allen drei Serien 15, 30, 45, 60 und 75 Minuten. Der Versuch beendet um 11.30 Uhr vormittags.

Am 22. Mai, 12 Uhr mittags, war das Resultat folgendes:

Versuchsserie I: Bei 15 Minuten, mehrere unregelmäßige 2, 4, 8, 10, 16 Zellenstadien; einige Eier mit Membran und mit großem, zentralgelegenen Kern; ca. 10 ‰ zerfallen; die übrigen unverändert.

Bei 30 Minuten, die beeinflußten Eier sind in denselben Entwicklungsstadien wie bei 15 Minuten; ca. 70 ‰ der Eier abgestorben, die übrigen unverändert.

Bei 45 Minuten, einige Eier mit großem zentralen Kern; einige unverändert; die übrigen abgestorben.

Bei 60 und 75 Minuten, alle Eier abgestorben.

Versuchsserie II: Bei 15 Minuten, mehrere unregelmäßige 2, 4, 8 oder 16 Zellenstadien; mehrere Eier mit großem zentralen Kern; die übrigen unverändert.

Bei 30 und 45 Minuten, wie bei 15 Minuten.

Bei 60 und 75 Minuten, alle Eier abgestorben.

Versuchsserie III: Bei 15 und 30 Minuten, mehrere unregelmäßige Zellteilungen: 2, 4, 6, 8 Zellenstadien; mehrere Eier mit vergrößertem zentralen Kern, einige davon auch mit ausgebildeter Membran, einige Eier (bei 30 Minuten) mit geteiltem Kern; die übrigen zum Teil unbeeinflußt, zum Teil abgestorben.

Bei 45 Minuten, die Eier zum Teil unbeeinflußt, zum Teil abgestorben.

Bei 60 und 75 Minuten, alle Eier abgestorben.

Die Entwicklung in allen drei Versuchsserien ist nicht über die ersten Zellteilungen — bis zu 16 Zellen — hinausgegangen.

Die Kontrolle im Seewasser unverändert.

Bessere Resultate ergaben die analogen und gleichzeitig angestellten Versuche mit den Eiern von Weibchen II.

Drei Stunden nach Beendigung des Versuches (21. Mai, 3 Uhr nachmittags) waren schon folgende Veränderungen zu beobachten:

Versuchsserie I: Bei 15 und 30 Minuten, keine Veränderungen; bei 45 Minuten, 50 % der Eier mit vergrößertem zentralgelegenen Kern und dünne Eimembran; bei 60 und 75 Minuten, die Eier abgestorben.

Versuchsserie II: Schon bei 15 und 30 Minuten sind viele Eier mit vergrößertem zentralgelegenen Kern zu sehen. Sonst wie bei der Versuchsserie I.

Derselbe Zustand ist auch bei der Versuchsserie III.

Sieben Stunden nach Beendigung des Versuches (um 7 Uhr abends, am 21. Mai):

Versuchsserie I: Bei 15 Minuten, ca. 50 % der Eier in Entwicklung; einige schon im Stadium Monaster, aber noch keine Teilungen; bei 30 Minuten dasselbe, nur daß hier ca. 5 % im Stadium Monaster; bei 45 Minuten ca. 50 % der Eier in schwarzer Cytolyse und 5 % im Stadium Monaster, die übrigen unverändert.

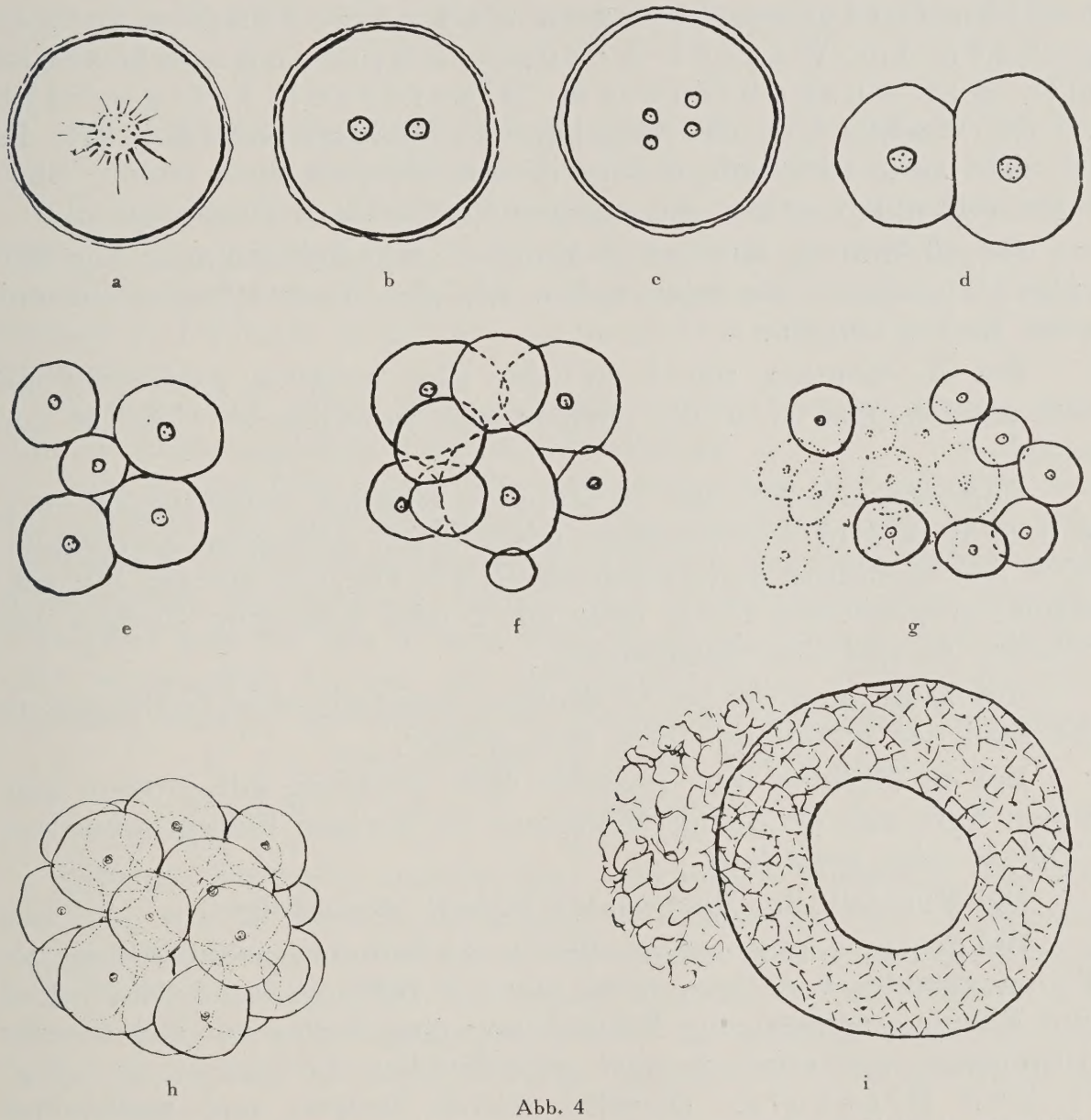


Abb. 4
Entwicklungsstadien von Seeigeleiern nach Stimulierung mit Extrakt von Pollen von Zanthedeschia (Calla) aethiopica Spreng.

In demselben Zustand sind auch die übrigen zwei Versuchsserien.

Am 22. Mai, 8 Uhr vormittags. Versuchsserie I: Bei 15 und 30 Minuten, 50 % der Eier ungeteilt, aber fast alle mit zentralgelegenem, vergrößertem Kern und mit feiner Membran versehen; die übrigen Eier abgestorben, mit noch gut erhaltenen 2- und 4-Zellenstadien. Bei 45, 60 und 75 Minuten, schwarze Cytolyse oder zerfallen.

Versuchsserie II: Bei 15 Minuten, ca. 60 % der Eier erhalten, davon ca. 40 % mit zentralgelegenem vergrößerten Kern (Abb. 4) und ca. 5 % im Stadium Monaster (Abb. 4a); einzelne regelmäßige 2, 4, 8 usw. Teilungsstadien erhalten. Die anderen Eier meistens während der Entwicklung zerfallen, man sieht noch gut erhaltene mehrzellige Stadien und große und kleinzellige Morulae (Abb. 4g, h) mit deutlich sichtbaren Zellkernen. Eine davon hat die Entwicklung bis zur regelmäßigen, dickwandigen, mit lebhaften fortschreitenden und rotierenden Bewegungen im Wasser herumschwirrende Blastula mit gut ausgebildetem Blastocoel fortgesetzt. An der Blastula hing ein zerfallener Protoplasmarest (Abb. 4i). Es ist nicht ausgeschlossen, daß in diesem Versuch auch andere Blastulae vorhanden waren, die unserer Beobachtung entgangen sind.

Bei 30 Minuten wie bei 15 Minuten viele Zellteilungen und Morulae; bewegliche Blastulae haben wir aber trotz eifrigen Suchens nicht finden können.

Bei 45 Minuten, nur 5—6 % der Eier erhalten geblieben, mit zentralgelegenem Kern; die übrigen Eier in schwarzer Cytolyse und zerfallen.

Versuchsserie III: Bei 15 Minuten, einzelne Zellteilungen — 2, 4, 6, 8, 10 und 16 Zellenstadien, mit deutlich sichtbaren Zellkernen: 50 % der Eier unverändert geblieben; ein Teil der übrigen mit zentralem vergrößerten Kern, oder mit 2 oder mehreren Kernen und deutlich entwickelter Eimembran.

Bei 30 Minuten wie bei 15 Minuten, ebenfalls viele Zellteilungen; die Zahl der zerfallenen Eier aber größer.

Bei 45 Minuten, nur einzelne Eier erhalten, mit großem zentralen Kern und deutlicher Membran; die übrigen Eier in schwarzer Cytolyse oder zerfallen.

Die Kontrolle im Meerwasser normal, unverändert.

Bei diesen Versuchsserien führte die Stimulationseinwirkung des Pollenextraktes von Calla nicht nur zur Bildung von Zellteilungen und Morulae, sondern die Entwicklung ging weiter vor sich bis zur Ausbildung von einer normal aussehenden, lebhaft beweglichen Blastula. Dieselbe wurde isoliert und weiter beobachtet. Sie starb nach einem Tage, ohne sich weiter entwickeln zu können. Der durch den angewandten Pollenextrakt und bei der erwähnten Zeit der Einwirkung gegebene Entwicklungsanstoß ist nicht genügend gewesen, um die Entwicklung weiterzuführen.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen über die Wirkung der Stimulationsmittel unterliegt es keinem Zweifel, daß, bei weiterer Detaillierung der Versuche, es uns gelingen wird, über das Blastulastadium hinauszukommen und auch lebende Gastrulae und Plutei zu bekommen. Dieses ist nur noch eine Frage der Ausdauer. Es

müssen zu dem Zweck eingehendere Versuche in bezug auf die Konzentration des Pollenextraktes und die Zeit seiner Einwirkung und vielleicht auch auf die Art seiner Gewinnung unternommen werden.

Für unsere Fragestellung war es aber genügend, den Nachweis zu erbringen, daß der Pollenextrakt bei geeigneter Konzentration und optimaler Zeit der Einwirkung imstande ist, die reifen, unbefruchteten Seeigeleier so anzuregen, daß sie in Teilung eintreten und lebende munter bewegliche Blastulae geben.

2. Stimulationsversuche mit Extrakten von Pollen von Quercus ilex

Außer mit Extrakt von Calla-Pollen haben wir, wie schon erwähnt, auch mit Extrakt von Pollen von der Eiche Quercus ilex[1]) experimentiert und, um es gleich vorwegzunehmen, auch mit diesem Extrakt lebende, munter bewegliche Blastulae bekommen.

Nachstehend geben wir ebenfalls einen kurzen Auszug aus einigen diesbezüglichen Versuchsprotokollen.

Am 14. Mai 1926 wurden drei Portionen von je 1 g Pollen von Quercus ilex im Porzellanmörser kräftig zerrieben und dann jede Portion mit 15 ccm dest. Wasser 30 Minuten lang umgerührt; nach einstündigem Stehenlassen wurden sie zentrifugiert, die Extraktflüssigkeit jede für sich in eine Petrischale umgegossen und an der Luft verdampfen lassen; die zurückgebliebenen grünbräunlichen Häutchen wurden nachträglich in Meerwasser aufgelöst, und zwar:

I. 1 g Pollenextrakt in 2 ccm Meerwasser
II. 1 g „ „ 3 ccm „
III. 1 g „ „ 5 ccm „

Für die Versuche wurden Eier von einem Weibchen, bei Behandlung von 30 Minuten anfangend in Intervallen von 15 Minuten bis zu 5 Stunden hinaufsteigend, verwendet. Die Eier gaben beim Vorversuch mit $MgBr_2$ 100 ‰ lebende Blastulae. Die Versuche mit allen drei Extrakten wurden um 4 Uhr nachmittags beendet. Um 6 Uhr nachmittags waren noch keine besonderen Veränderungen zu beobachten.

Am 15. Mai, 9 Uhr vormittags.

Extrakt I: Bei 30 bis 60 Minuten, einzelne Eier mit zentralem, vergrößertem Kern; noch keine Teilungen.

Bei 75, 90 und 105 Minuten, ziemlich viele Eier in 2, 4, 8 Zellenstadien, vielfach fast ganz regelmäßig, mit deutlich sichtbaren Kernen; die meisten der anderen Eier mit zentralem, vergrößertem

[1]) Der Pollen für alle nachfolgenden Versuche wurde in ganz reinem Zustand frisch gewonnen durch Ausklopfen der reifen, abgeschnittenen Blüten von Quercus.

Kern und dünner Eimembran, darunter Eier im Stadium Monaster oder mit schon geteiltem Kern; hier die Entwicklung unterbrochen.

Bei 120—180 Minuten, nur einzelne geteilte Eier, 2 bis 4 Zellenstadien; sehr viele zerfallene Eier.

Bei Behandlung von 3 bis 5 Stunden, fast alle Eier abgestorben.

Extrakt II, wie bei Extrakt I.

Extrakt III: Bei 60—180 Minuten, wie bei Extrakt I, 30 bis 105 Minuten.

Bei 3¼ bis 4 Stunden, mehrere 2, 4, 6, 8, 10, 16, 32 Zellenstadien, einige davon fast regelmäßig, andere mit ungleich großen Zellen, mit sichtbaren Kernen. Ca. 10—15 % der Eier zerfallen, die anderen unverändert.

Diese Versuchsserie zeigte, daß der gewonnene Pollenextrakt eine gut ausgeprägte Stimulationswirkung aufweist; der Entwicklungsanstoß führte zu mehrfachen, vielfach ganz regelmäßigen Zellteilungen.

Die so erhaltenen, an und für sich schon ganz günstigen Resultate haben wir versucht weiter zu steigern, was uns auch, wie das nachstehende Protokoll zeigt, gelungen ist.

Am 19. Mai wurden genau auf die vorher angegebene Art, von je 1 g Pollen von Quercus ilex mit dest. Wasser Extrakte zubereitet, filtriert, verdunsten gelassen und der trockene Rest in 5 ccm (Extrakt I) bzw. 2,5 ccm (Extrakt II) Meerwasser aufgelöst.

Die Versuche mit dem Extrakt I, bei Behandlung der Eier von ½—3½ Stunden, ergaben 2- bis 8-Zellenstadien.

Dieses Resultat wurde gesteigert in der Versuchsserie mit Extrakt II.

Für dieselbe wurden die Eier von zwei Weibchen (I und II) verwendet, und zwar bei Behandlungszeiten von 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 und 240 Minuten. Die Behandlung wurde um 9 Uhr nachmittags beendet (19. Mai).

Am 20. Mai, 7 Uhr vormittags. Weibchen I, bei 15, 30, 45 Minuten, ca. 5 % der Eier mit zentralem, vergrößertem Kern; ca. 15 bis 20 % 2 und 3 Zellenstadien, die meisten unregelmäßig, aber mit deutlich sichtbaren Kernen; ca. 5 % der Eier abgestorben; die übrigen unverändert.

Bei 60, 90, 120 Minuten, ca. 25—30 % der Eier geteilt in 2, 3, 4 Zellen, nur einzelne 8—16 Zellenstadien, die Mehrzahl mit ungleich großen Zellen; ca 25 % der Eier in schwarzer Cytolyse; ca. 10 % zerfallen und 30—40 % unverändert.

Bei 150—240 Minuten, fast alle Eier gestorben, nur bei 150 Minuten noch ca. 5—6 % erhaltene Teilungsstadien, darunter viele ganz regelmäßige 2- und 4-Zellenstadien.

Die Kontrollen unverändert.

Weibchen II: Bei 15—45 Minuten, nur einzelne Eier mit feiner Membran und mit zentralem, vergrößertem Kern; die übrigen unverändert.

Bei 60 Minuten, ca. 10 % mit vergrößertem, zentralem Kern; ca. 10 % 2—8 Zellenstadien, in der Mehrzahl unregelmäßig, d. h. mit ungleichgroßen Zellen; ca. 5—6 % in schwarzer Cytolyse; die übrigen unverändert.

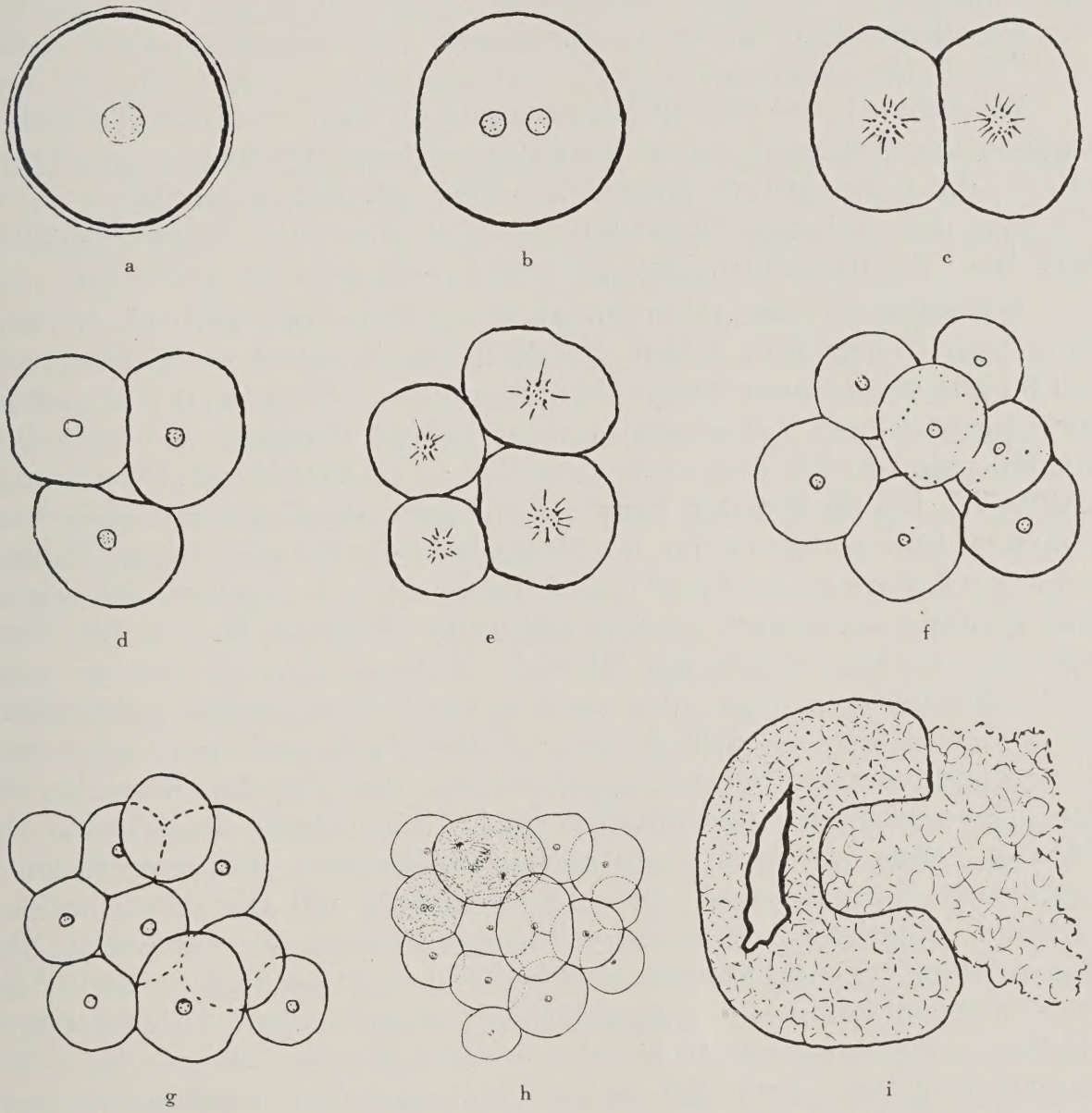


Abb. 5. Entwicklungsstadien von Seeigeleiern nach Stimulierung mit Extrakt von Pollen von Quercus ilex L.

Bei 90 Minuten, ca. 25—30 % mit dünner Membran und zentralem, vergrößertem Kern oder mit mehreren, 2, 3, 4 kleinen Kernen (Abb. 4b, c, Abb. 5a); ca. 5 % mit zentralem Kern und mit mehreren Cytastern; ca. 20—25 % 2, 4, 8 Zellenstadien, auch einzelne 8—16 Zellenstadien (Abb. 5b—f); es gibt auch hie und da richtige, kleinzellige Morulae (Abb. 5h); ca. 10 % in schwarzer Cytolyse; die übrigen unverändert.

Bei 120 Minuten fast wie bei 90 Minuten, nur daß hier die Zahl der abgestorbenen Eier auf ca. 20—25 % angewachsen ist.

Bei 150—180 Minuten, der Prozentsatz der schwarzen Cytolyse wird vergrößert auf Rechnung der erhaltenen Teilungsstadien, welch letztere geringer an Zahl und unregelmäßiger werden (der schwarzen Cytolyse verfallen gewöhnlich Eier, welche in Entwicklung begriffen gewesen sind).

Bei 210—240 Minuten, alle Eier abgestorben, ca. 50 % in schwarzer Cytolyse.

Die Kontrollen unverändert.

Um 6 Uhr abends.

Weibchen I, bei 15—60 Minuten gibt es noch erhaltene Teilungsstadien, die Mehrzahl der in Entwicklung begriffenen Eier aber zerfallen; die unbeeinflußt gewesenen Eier erhalten geblieben.

Bei den höheren Behandlungszeiten sind alle Teilungsstadien zerfallen; die unbeeinflußten ebenfalls noch erhalten geblieben.

Weibchen II: Bei allen Behandlungszeiten ein Teil der in Teilung begriffenen Eier schon zerfallen, nicht weiter entwickelt; nur bei 60 und 90 Minuten einige Teilungsstadien von gestern früh haben ihre Entwicklung fortgesetzt; sowohl bei 60 Minuten, wie auch bei 90 Minuten gibt es einzelne kleinzellige Morulae (Abb. 5h), bei 90 Minuten konnten wir unter den letzteren auch eine lebhaft bewegliche, dickwandige Blastula (Abb. 5i) mit gut ausgebildetem Blastocoel wahrnehmen. Die Blastula schwimmt, schnell rotierend, dicht am Boden des Uhrschälchens. Der Größe der Blastula nach zu urteilen, hat sie sich wahrscheinlich aus einer der zwei ersten Teilungszellen entwickelt; die andere Hälfte ist während der Entwicklung zerfallen und bildet ein Häufchen von abgestorbenen Zellen, das von der Blastula bei ihren Bewegungen mitgeschleppt wird. Nach einem Tage starb die Blastula, ohne sich weiter entwickelt zu haben. Bei unseren ausgedehnten Versuchen an reifen Seeigeleiern mit den verschiedenartigsten chemischen Stimulationslösungen haben wir wiederholt die Beobachtung machen können, daß bei den nicht optimal — nach Zeit und Konzentration — eingestellten Stimulanten, Entwicklungsstadien — Blastulae oder Gastrulae — auftraten, welche aus der Fortentwicklung nur einer der ersten Teilungszellen entstanden sind. Bei allen diesen Fällen, ähnlich unserem vorliegenden Fall mit Quercusextrakt, müssen wir annehmen, daß der empfangene Entwicklungsstimulationsanstoß ungenügend gewesen sein muß, um die ganze Eimasse gleichmäßig energisch zu beeinflussen. Und so sterben ein Teil der ersten Zellen ab, und nur die Zellen aus dem kräftig stimulierten Teile der Eizelle können ihre Entwicklung weiter fortsetzen.

Bei den höheren Behandlungszeiten — bis zu 150 Minuten — sind nur noch einzelne mehrzellige Teilungsstadien erhalten ge-

blieben, alle übrigen sind zerfallen. Bei den Behandlungen über 150 Minuten sind alle Teilungsstadien zerfallen.

Die Versuche mit dem Pollenextrakt von Quercus ilex wurden noch einige Male wiederholt, ohne aber vorerst über das Blastulastadium hinaus gelangen zu können.

Beim Durchsehen der Versuche fällt auf, daß die Eier der verschiedenen Weibchen nicht auf gleiche Weise auf die Einwirkung eines und desselben Extraktes reagieren. Dasselbe Verhalten zeigen die Eier auch gegen die chemischen Zellstimulantien im allgemeinen. Diese Verschiedenheit des Reagierens steht im Zusammenhang mit dem verschiedenen physiologischen Zustand der Eier.

Durch die vorstehend besprochenen Versuche wurde der Beweis erbracht, daß es möglich ist, durch Extrakte von Pflanzenpollen — in unserem Falle von Pollen von Quercus ilex und Calla aethyopica, also von Pflanzen, welche ihrer systematischen Stellung nach weit voneinander entfernt sind — reife, unbefruchtete Seeigeleier zur Entwicklung anzuregen, die in unseren beiden Fällen bis zur Ausbildung von lebenden, munter umherschwimmenden Blastulae führte. Damit ist auch bewiesen, daß der entwicklungsanregende Moment bei der normalen Befruchtung eine Stimulationseinwirkung ist und folglich, daß wir mit Extrakten von irgendeinem männlichen Geschlechtsprodukt — tierischen oder pflanzlichen Ursprungs — imstande sind, irgendeine weibliche Geschlechtszelle — tierischer oder pflanzlicher Natur — zur Entwicklung anzuregen, vorausgesetzt, daß wir diese Extrakte für jede gegebene Art Eizelle durch genaue Dosierung, nach Konzentration und Zeit der Einwirkung, so anpassen, daß die Stimulationswirkung des Extraktes des männlichen Geschlechtsproduktes jedesmal adäquat für die betreffende Eizelle ist. In der Natur haben sich die Verhältnisse bei der normalen Befruchtung so angepaßt, daß die männliche Geschlechtszelle, die für die Entwicklung des artverwandten Eies optimal notwendige Stimulationsdosis mit sich bringt, und zwar ist diese Stimulationsdosis, wie unsere eingehenden Versuche zeigen, für einen bestimmten Reifegrad des Eies angepaßt. Vor oder nach Überschreiten dieses optimalen Reifegrades ist der Entwicklungsanstoß, den das Ei durch das Spermatozoon bei der Befruchtung empfängt, wie wir sehen werden, nicht mehr optimal angepaßt, so daß wir in diesem Fall durch Stimulationseinwirkung mit irgendeinem chemischen oder physikalischen Stimulationsagens auf das Ei bzw. auf das Spermatozoon wieder die optimale Stimulationsanpassung des Geschlechtsproduktes herstellen können.

Die hier besprochenen Versuche zeigen, daß die Spermaextrakte allgemeine Stimulationseigenschaften aufweisen. Sie führen eine Stimulationskomponente mit sich. Von dieser Überlegung ausgehend,

habe ich schon im Jahre 1916 versucht, Spermaextrakte als Stimulationsagens anzuwenden. So gelang es mir damals, durch Einwirkung mit Spermaextrakten auf schwerheilende Wunden die Granulation und die Epithelisierung derselben zu beschleunigen, was eine Bestätigung der hier entwickelten Anschauungen darstellt.

Es ist hier auch die Frage aufzuwerfen, ob die Stimulationssubstanzen der Geschlechtsprodukte im organischen Reich überall derselben Natur sind. Von den bisherigen serologischen Untersuchungen, welche die Artverschiedenheit der Eiweißsubstanzen zeigen und von dem verschiedenen chemischen Metabolismus der organischen Individuen ausgehend, kann man erwarten, daß auch die Stimulationssubstanzen der männlichen Geschlechtsprodukte verschiedenartiger Natur sein müssen. Alle diese verschiedenartigen Stimulationssubstanzen werden aber, nach Art der allgemeinen chemischen Zellstimulationsmittel, imstande sein, bei richtiger Dosierung und bei genau abgepaßter Zeit der Einwirkung eine jede beliebige Geschlechtszelle oder, noch weiter verallgemeinert, eine jede beliebige somatische Zelle zu stimulieren.

Und so gewinnen die bis jetzt so geheimnisvollen Erscheinungen der Entwicklungsanregung bei der Befruchtung eine allgemeine Grundlage im ganzen organischen Reich und reihen sich in die Kategorie der allgemeinen Zellstimulationserscheinungen ein.

Hebung der Lebenspotenzen der überreifen Eier

Die gleich nach der Reife normalerweise abgelegten Eier sind zu 100 ‰ befruchtungsfähig. Dieser Prozentsatz vermindert sich zusehends, wenn die Eier nach der Ablage eine gewisse Zeit gestanden haben, oder wenn nach der Reife die Eier eine Zeitlang im Mutterorganismus geblieben sind, ohne abgelagert zu werden. Nach Überschreitung einer gewissen Grenze der Überreife erlischt die Befruchtungsfähigkeit der Eier vollständig. Von diesem Moment ab fängt der Prozeß der Desagregation der lebenden Substanz an, der zu dem Tod des Eies führt. Während des langsamen Ablaufes des Prozesses der Überreife nehmen die schon an und für sich sehr herabgesetzten Oxydationsprozesse der reifen Eier weiter ab, um schließlich zu einem Minimum herabzusinken bzw. ganz aufzuhören. Da, wie ich oben ausgeführt habe, die im Spermatozoon enthaltene Stimulationssubstanz nur auf die normalgereiften Eier abgepaßt ist, verliert sich bei der Überreife der Eier dieses Stimulationsoptimum-Verhältnis zwischen dem Spermatozoon und der Eizelle; die Entwicklungsanregung des Eies durch das Spermazoon wird immer unvollkommener, um schließlich ganz aufzuhören. Die optimale Stimulationsanpassung zwischen den artgleichen männlichen und weiblichen Geschlechtszellen geht verloren.

Sollten diese Überlegungen das Richtige treffen, so muß es möglich sein, 1. durch Anwendung von Stimulationsmitteln, die wir durch eingehende Experimente in ihrer Wirksamkeit auf den jeweiligen physiologischen Zustand der Eizelle jedesmal anpassen, die darniederliegende Entwicklungsfähigkeit der überreifen Eier wieder zu heben und die der normalreifen Eier anzugleichen. Derselbe Effekt muß auch erreicht werden können, wenn wir mit stimulierenden Extrakten von Spermatozoen irgendwelcher Art arbeiteten, denn in diesem Falle werden dieselben experimentell nach Art eines Stimulationsmittels gehandhabt. 2. Außerdem aber muß es möglich sein, überreife Eier, die durch Stimulationsmittel bis zu einem gewissen Grade, nicht optimal, behandelt worden sind, nachträglich wieder durch Zusatz von normalreifen Spermatozoen zu befruchten, und 3. muß es möglich sein, durch Aufbewahren der normalgelegten Eier in schwachen Stimulationslösungen, statt in gewöhnlichem Meerwasser, die Prozesse der Überreife hinzuhalten und somit die normale Befruchtungsfähigkeit der Eier längere Zeit zu bewahren.

5. V. 1926. 1. Versuch mit überreifen Eiern, abgelegt am 3. V. 1926, 6 Uhr abends. Der Versuch am 5. V., 9 Uhr vorm., angestellt. Die Eier in 4 Partien geteilt:

I Partie stimuliert mit $MgBr_2$ 100 ‰ 60 Minuten,
II „ „ „ $MgBr_2$ 100 ‰ 40 „
III „ „ „ $MgBr_2$ 100 ‰ 20 „
IV „ unbehandelte Kontrolle.

Alle Partien wurden gleichzeitig aus den Stimulationslösungen herausgenommen, mehrmals gut abgewaschen und 10 Minuten danach jede Partie in 2 Serien geteilt: Serie A und Serie B. Um 9.10 Uhr vormittags die Serien B der Portionen I, II, III und IV gleichzeitig normalbefruchtet und die Serien A unbefruchtet gelassen.

I	Partie	stimuliert	mit	$MgBr_2$	100 ‰	60′,	dann	geteilt	Serie A — unbefruchtet Serie B — befruchtet
II	„	„	„	„	„	40′	„	„	Serie A — unbefruchtet Serie B — befruchtet
III	„	„	„	„	„	20′	„	„	Serie A — unbefruchtet Serie B — befruchtet
IV	„	Kontrolle							Serie A — unbefruchtet Serie B — befruchtet

3.30 Uhr nachm. IV A, unbefruchtete Kontrolle, die Eier unverändert.

IV B, normal befruchtete Kontrolle, ca. 70 % der Eier unbefruchtet geblieben, nur ca. 30 % befruchtet und in Teilung — 16-Zellenstadien.

I A — alle Eier beeinflußt und in Teilung, meistens in 32- bis 64-Zellenstadien, nur hier und da 2—4 Zellen.

I B wie bei I A. aber ein Teil der sich teilenden Eier schon in Zerfall begriffen, infolge der Überstimulation: Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ + Spermium als Stimulans.

II A — alle Eier in Entwicklung, die meisten in 64 Zellenstadien, wenige in 32 Zellen und vereinzelte in 2, 4 und 8 Zellenstadien. Die Stimulierung von 40 Minuten ist besser als die Stimulierung von 60 Minuten. Die optimale Behandlungszeit bei den überreifen Eiern ist kürzer als bei den normalreifen Eiern.

II B — im allgemeinen wie bei II A, nur daß hier viele Teilungsstadien schon im Zerfall begriffen sind, als Folge der Überstimulation, bedingt durch die Summierung der Stimulation von $MgBr_2$ 100 ‰ 40 Minuten + die hinzugekommene Stimulationssubstanz des Spermatozoons. III A — fast alle Eier in die Entwicklung getreten und 2, 4, 8 und 16 Zellenstadien ausgebildet, aber dann meistens zerfallen. Der Stimulationsanstoß ist nicht ausreichend gewesen, um die Entwicklung weiter zu führen. Einige Eier unbeeinflußt geblieben. III B — wie bei III A — 2, 8, 16 Zellenstadien, meistens in Zerfall — aus denselben Gründen wie bei II B.

Am 6. Mai.

IV A — unbefruchtete Kontrolle, alle Eier zerfallen. IV B — normal befruchtete Kontrolle, fast alle Eier zerfallen, nur einzelne anormale schwach bewegliche Blastulae.

I A — viele Eier zerfallen, aber doch mindestens 3mal mehr zu Blastulae entwickelt, als bei der unbehandelten und normal befruchteten Kontrolle.

1 B — viele Eier zerfallen, nur einzelne bewegliche Blastulae, doch mehr an Zahl als bei der Kontrolle IV B.

II A — eine große Zahl von fast normalen und vielen ganz normalen munter umherschwimmenden Blastulae, 60—70 % aller Eier zu Blastulae entwickelt.

II B — viele normale Blastulae, aber doch merklich weniger als bei II A. Also ist ein Teil der durch die Stimulation zur Entwicklung angeregten Eier durch die nachträgliche Befruchtung überstimuliert worden und während der Entwicklung abgestorben.

III A und III B — alle Entwicklungsstadien zerfallen.

Am 7. Mai, abends 8 Uhr — in den Serien II A und II B viele normale Plutei, und zwar in der Serie II A viel mehr an Zahl als in der Serie II B. Die Ursache dieses Unterschiedes ist vorher angegeben worden.

In den Kontrollen gar keinen Pluteus.

Dieser und ähnlich ausgefallene Versuche beweisen:

1. daß wir imstande sind, Eier, die infolge der Überreife zu einem großen Prozentsatz, in unserem speziellen Falle zu 70 %, nicht mehr normal befruchtungsfähig sind, durch geeignete Stimulationseinwirkungen fast 100 % zur Entwicklung zu bringen. In diesem Falle ist die Stimulation der normalen Befruchtung überlegen, und zwar nicht nur deshalb, weil durch eine geeignete Stimulation alle überreifen Eier wieder zur Entwicklung gebracht werden können, sondern auch deshalb, weil die überreifen optimal stimulierten Eier

(in unserem Falle bei Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ — 40 Minuten) sich ca. 2mal schneller teilen als die normal befruchteten Eier, denn während die letzteren sich noch im 16-Zellenstadium befanden, haben die stimulierten Eier schon das Stadium 32 und 64 Zellen erreicht. Diese Resultate stehen im Einklang mit anderen gleich zu besprechenden Versuchen von mir über die Möglichkeit, durch Stimulationseinwirkungen die Teilungsrate der Eier über die Norm zu steigern.

2. Die nach einer vorangegangenen optimalen Stimulation normal befruchteten Eier zeigen eine Verschlechterung ihres Zustandes in dem Sinne, daß viele von denselben nach Erreichung des Stadiums von 32—64 Zellen zu zerfallen anfangen. Diese Erscheinung ist dadurch zu erklären, daß die stimulierten Eier durch Hinzutreten noch eines oder mehrerer Spermatozoen (Polyspermie infolge von Überreife) überstimuliert werden, und zwar durch die Stimulationssubstanz, die in jedem Spermatozoon enthalten ist und normalerweise bei der Befruchtung die Entwicklung des Eies anregt.

3. Während für die normalreifen Eier bei Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ das Optimum der Einwirkungszeit sich bei 60—70 Minuten befindet, fällt dasselbe Optimum, je nach der Überreife der Eier auf 40 Minuten und darunter. Außer der Herabsetzung der Zeit der Einwirkung fällt auch die optimale Konzentration unter die Norm. Alles dies weist darauf hin, daß sich die Eier durch die Überreife in einem labileren Zustand des lebenden Moleküls befinden und schneller auf den Stimulationsanstoß reagieren als die normalreifen Eier. Diese Feststellungen über die verschiedene Stärke des optimalen Stimulationsanstoßes, je nach dem physologischen Zustand, gemessen an dem Oxydationsvermögen der Zelle, könnten von Bedeutung bei der therapeutischen Dosierung von Arzneimitteln werden: die optimale Dosierung derselben müßte da, wo es sich um Erreichung von Stimulationswirkungen handelt, eine verschieden starke sein, je nach dem Funktionszustand des betreffenden Organismus.

Die Verschiebung des optimalen Stimulationseingriffes bei den überreifen Eier nach unten, was die Konzentration des Stimulantes und die Zeit seiner Einwirkung anbelangt und die Möglichkeit der Hebung der darniederliegenden Lebensprozesse der überreifen Eier durch geeignete Behandlung mit Stimulationsmitteln, sei noch durch folgende Experimente bekräftigt.

22. X. 1925. Überreife Eier — 24 Stunden nach der Eiablage zum Versuch verwendet.

Ein Teil der Eier mit $MgBr_2$ 100 ‰ 30, 35, 40 Minuten usw. bei Intervallen von 5 Minuten bis 120 Minuten stimuliert; ein anderer Teil als Kontrolle a) unbefruchtete und b) befruchtete Kontrolle. Der Versuch beendet um 4 Uhr nachmittags.

Am 23. X. 8.30 Uhr vorm. Bei der unbefruchteten Kontrolle 30 bis 40 % der Eier zerfallen. Bei der normal befruchteten Kontrolle haben sich 30—35 % bis zu freischwimmenden Blastulae entwickelt.

Bei den stimulierten Eiern: Bei 30 Minuten viele Eier zerfallen, einzelne Eier im Stadium Morula, andere schon Blastulae, schwach beweglich. Derselbe Zustand auch bei 35 Minuten, nur daß die Zahl der Blastulae zugenommen hat. Bei 40 Minuten — sehr viele regelmäßige Blastulae, zum Teil schon in Gastrulation. Die Zahl der Blastulae steigert sich von hier an und erreicht bei

55 Minuten ihre höchste Zahl, wo ca. 70 % aller Eier zu munter umherschwimmenden und schon gastrulierenden Blastulae entwickelt sind.

Bei 60—65 Minuten — ein großer Teil der Eier abgestorben, einzelne Blastulae; bei 70 Minuten alle Eier abgestorben.

Am 24. 10. Die unbefruchtete Kontrolle zerfallen. Die Blastulae der normal befruchteten Kontrolle zu jungen Plutei entwickelt.

Dieselbe Entwicklung haben auch die Blastulae von den stimulierten Eiern durchgemacht.

Aus diesem Versuch ist deutlich zu ersehen, daß wir imstande sind, bei überreifen Eiern, welche schon eine starke Herabsetzung ihrer normalen Befruchtungsfähigkeit zeigen, durch Behandlung mit Stimulationsmitteln die Entwicklungsanregung bedeutend zu steigern. Z. B. im vorliegenden Falle konnten normalerweise nur ca. 30 bis 35 % der Eier befruchtet werden, durch geeignete Stimulation aber stieg die Zahl der in Entwicklung getretenen Eier auf ca. 70 %, und diese Entwicklung dauerte bis zum Pluteusstadium.

Dieses Resultat wird noch prägnanter bei stärker überreifen Eiern:

23. 10. 1925. Die Eier vor 50 Stunden abgelegt.

Kontrollen: a) unbefruchtete und b) normal befruchtete.

Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ 40, 45, 50, 55, 60 und 70 Minuten. Der Versuch beendet um 3 Uhr nachmittags.

Am 24. 10., 9 Uhr vorm. Die unbefruchtete Kontrolle zerfallen; bei der normal befruchteten Kontrolle konnten nur 3 lebende Blastulae gefunden werden, die anderen Eier abgestorben und meistens schon zerfallen.

Ein ganz anderes Bild zeigen die stimulierten Eier: Bei 40 Minuten ca. 25—30 % schwimmende Blastulae, die anderen Eier zerfallen; bei 45 Minuten ca. 40—45 % schwimmende Blastulae; bei 50 Minuten steigt die Zahl der schwimmenden Blastulae auf 60 %, die meisten ganz normal aussehend, die übrigen Eier abgestorben; bei 55 Minuten nimmt die Zahl der Blastulae zusehends ab; bei 60—65—70 Minuten nur noch einzelne Blastulae, wie bei der normal befruchteten Kontrolle.

Am nächsten Tag haben sich die Blastulae sowohl der Kontrolle als auch der stimulierten Eier bis zu normalen Plutei entwickelt.

Der Versuch zeigt, daß mit dem Fortschreiten des Prozesses der Überreife die Befruchtungsfähigkeit der Eier stark abnimmt, — in unserem Fall waren die Eier sehr knapp an der Grenze der noch möglichen Befruchtung angelangt, es konnten nur noch ca. 10 Eier normal befruchtet und zur Entwicklung gebracht werden. Alle anderen Eier reagierten nicht auf Spermatozoen. Die Eier befanden sich in einem Zustand tiefer physiologischer Depression, einem Betäubungszustand vergleichbar. Auch bei den wenigen Eiern, die noch befruchtet werden konnten, ging die Entwicklung, mit Ausnahme von drei Eiern (ca. 0,7 %), nur noch eine kurze Zeit, bis zu einigen Teilungen, vor sich: die entwicklungsanregende, stimulierend wirkende Komponente der Spermatozoen ist nur den normal reifen Eiern angepaßt.

Wir sind aber imstande, durch geeignete experimentelle Einstellung der Stimulationsmittel die darniederliegenden Lebensprozesse der überreifen Eier so energisch zu heben, daß sogar in solch einem hoffnungslosen Fall wie der vorliegende, noch ca. 60% der Eier zur Entwicklung anzuregen und dieselben bis zu Plutei zu bringen.

Wir haben schon erwähnt, daß bei der Überreife der Eier dieselben empfindlicher für die Stimulationseinwirkung werden, und daß infolgedessen solche Eier auf schwächere Stimulationskonzentrationen und auf kürzere Zeit der Behandlung reagieren als die normal reifen Eier. Das Gesagte wird unter anderem auch durch folgenden Vergleichsversuch an normalreifen und überreifen Eiern bestätigt:

10. XI. 1925. A. vor 36 Stunden abgelegte Eier, überreif,

B. frisch gelegte Eier.

Stimuliert wurde mit drei verschiedenen Konzentrationen folgender Lösung: $MgBr_2$ 100 ‰, NaJ 80 ‰, KNO_3 60 ‰, und zwar

1. mit einem Gemisch zu gleichen Teilen von den obenerwähnten Konzentrationen;

2. dasselbe Gemisch auf die Hälfte verdünnt und

3. dasselbe Gemisch auf $^1/_3$ der ursprünglichen Konzentration verdünnt.

I. Eier A / Eier B	40	45	50	55	60 Min.		
II. Eier A / Eier B	60	80	90	100	110	120 Min.	
III. Eier A / Eier B	120	150	180	200	220	230 Min.	

Von den Eiern A: a) unbefruchtete und b) normalbefruchtete Kontrolle. Dasselbe auch von den Eiern B.

Die normal befruchteten Kontrollen von A und B wurden bei Beendigung des Versuches, um 7 Uhr nachmittags, angelegt.

Am 11. XI., 9 Uhr vorm., war der Zustand des Versuches folgender:

I A. Bei allen Behandlungszeiten die Eier abgestorben. Für die überreifen Eier waren sowohl die Konzentration der Stimulationslösung, als auch die Zeit der Behandlung zu stark. Bei derselben Konzentration und Zeit der Behandlung zeigten aber die normalreifen Eier I B ein ganz anderes Bild:

Bei 40 Minuten ca. 80 % schwimmende Blastulae, über die Hälfte ganz normal aussehend, teils mit Ansätzen zur Gastrulation; die übrigen Eier unbeeinflußt, zum Teil schon zerfallen.

Bei 45 Minuten ca. 40—50 % Blastulae, mehr als die Hälfte unregelmäßig, ca. 25 % der Eier abgestorben und vakuolisiert, die anderen während der Entwicklung zerfallen.

Bei 50, 55 und 60 Minuten nur einzelne bewegliche Blastulae, die übrigen Eier abgestorben und vakuolisiert, zum Teil schon zerfallen.

Bei II A, 60 Minuten einzelne regelmäßige schwimmende Blastulae, die übrigen Eier abgestorben und zerfallen; bei 80 Minuten ca. 5—6 % regelmäßige, schwimmende Blastulae; bei 90 Minuten ca. 20—30 % schwimmende Blastulae; bei 100 Minuten die Zahl der Blastulae auf 50 % gestiegen; bei 110 und 120 Minuten nur noch 10—15 % schwimmende Blastulae.

Bei II B, 60 Minuten ca. 50 % der Eier abgestorben, vakuolisiert, die übrigen ungeteilt, meistens mit vergrößertem Kern; bei 80 Minuten 5—6 % normale Blastulae, ca. 70 % der Eier abgestorben und zerfallen, die übrigen unbeeinflußt; bei 90 Minuten ca. 10—15 % Blastulae; bei 100 Minuten ca. 25 % Blastulae von unregelmäßigerer Form als bei 90 Minuten; bei 110—120 Minuten nur einzelne Blastulae, die übrigen Eier, ca. 95 %, zerfallen.

Die überreifen Eier, welche bei der Stimulation mit der für die normalen Eier optimal eingestellten Stimulationslösung, infolge der eingetretenen Überstimulation, gar keine Entwicklung zeigten, gaben mit einer halbstarken Stimulationslösung bei 100 Minuten Behandlung ca. 50 % normale Blastulae. Auf dieselbe Stimulationslösung reagierten nur noch ca. 25 % der normalreifen Eier bis zur Blastulaebildung; dieselben Eier gaben bei der Ausgangslösung I — 40 Minuten ca. 80 % freischwimmende Blastulae.

Bei III A, 120—180 Minuten ca. 5 % schwimmende Blastulae, die anderen Eier in verschiedenen Entwicklungsstadien stehen geblieben bzw. zum Teil auch ungeteilt abgestorben; bei 200 Minuten die Zahl der Blastulae gestiegen auf 10 %; bei 220—230 Minuten nur noch einzelne Blastulae.

Bei III B, 120 Minuten die überwiegende Zahl der Eier teils mit vergrößertem, zentralem Kern, teils mit geteiltem Kern, ohne nach-

folgende Zellteilung; bei 150 Minuten einzelne bewegliche Blastulae und einzelne Zellteilungsstadien, die übrigen Eier wie bei 120 Minuten. Derselbe Zustand auch bei 180—230 Minuten. Diese Stimulationslösung ist für die normalreifen Eier viel zu schwach gewesen, um sie zur Entwicklung anzuregen; sie zeigt aber eine noch ziemlich starke Stimulationswirkung auf die überreifen Eier. Für diese letzeren liegt, wie wir gesehen haben, die optimale Konzentration bei der Lösung II, und für die normalreifen Eier ist die optimale Konzentration bei der Lösung I gegeben.

Bei der unbefruchteten Kontrolle A ca. 90 % der Eier zerfallen; bei der unbefruchteten Kontrolle B die Eier noch erhalten, ohne Zerfall.

Bei der befruchteten Kontrolle A nur einzelne bewegliche Blastulae, was darauf hinweist, daß die Eier stark überreif waren.

Auch dieser Versuch zeigt, wie stark die Lebenspotenzen der überreifen Eier durch Stimulationsmittel gehoben werden können, denn dieselben Eier gaben mit der Stimulationslösung II bei 100 Minuten Behandlung bis zu 50 % lebhaft schwimmende Blastulae.

Bei der normalbefruchteten Kontrolle B, d. h. bei der Kontrolle der normalreifen Eier, haben sich alle Eier zu lebhaft umherschwimmenden Blastulae entwickelt.

Am nächsten Tage erreichten die Blastulae von den Kontrollen und den Versuchen das Pluteusstadium.

Die Resultate dieser Versuche, welche eine bedeutende Herabsetzung der optimalen Stimulationslösungskonzentration für die überreifen Eier zeigen, die sich, wie schon hervorgehoben, in dem Zustand von physiologisch sehr abgeschwächten Zellen befinden, bestätigen u. a. auch die empirisch festgestellte Beobachtung, daß bei schwachen und alternden Individuen die medikamentös-therapeutischen Dosen kleiner genommen werden müssen als bei Patienten von starker Konstitution.

Die Hebung der Lebensfunktionen der überreifen Eier durch die Einwirkung von Stimulationsmitteln dokumentiert sich aber nicht nur in der Hebung der Zahl der zur Entwicklung kommenden Eier, sondern ebenso in dem schnellen Ablauf der Zellteilungsprozesse, wie dies aus dem folgenden Versuchsprotokoll zu entnehmen ist.

Am 24. IV. 1926, 1 Uhr nachmittags. Die Eier, abgelegt um 10 Uhr vormittags, zeigten schon Zeichen der Überreife, die sich dadurch dokumentierte, daß nur ca. 80 % der Eier befruchtungsfähig waren. Die Eier wurden unter Belassung einer unbehandelten und einer normal befruchteten Kontrolle in gleich große Partien geteilt und in Lösungen von $MgBr_2$ 5 ‰, 10 ‰, 20 ‰, 30 ‰ und

40 ‰ — 3½ Stunden lang belassen, dann herausgenommen, ausgewaschen und gleichzeitig, um 4.45 Uhr nachmittags, zusammen mit der unbehandelten Kontrolle mit den gleichen Spermatozoen befruchtet. Die so behandelten Eier zeigten unter sich und im Vergleich mit der Kontrolle deutliche Unterschiede im Teilungstempo, welches ein Ausdruck der veränderten Potenzen der unbehandelten und behandelten Eier ist.

Um 5.10 Uhr:

Kontrolle: Alle Eier mit großem zentralen Kern, ca. 10 % in Kernspindel, keine Kernteilungen. 5 ‰ — ca. 50 % der Eier mit Kernspindeln; 10 ‰ — ca. 30 % der Eier mit Kernspindeln. 20 ‰ — alle Eier mit Kernspindeln. 30 ‰ — fast alle Eier mit geteiltem Kern. 40 ‰ — fast alle Eier mit geteiltem Kern, Anfänge von Zellteilung.

Um 5.25 Uhr:

Kontrolle: ca. 50 ‰ der Eier mit geteiltem Kern, keine Zellteilung. 5 ‰ — fast alle Eier mit geteiltem Kern, keine Zellteilung. 10 ‰ — ca. 60—70 % der Eier mit geteiltem Kern. 20 ‰ — vereinzelte Anfänge der Zellteilung. 30 ‰ — ca. 5 % in regelmäßiger Zellteilung. 40 ‰ — infolge der starken Stimulation die meisten Eier mehrkernig.

Um 5.35 Uhr:

Kontrolle: ca. 5 % Zweiteilungen. 5 ‰ — ca. 20 % Zweiteilungen. 10 ‰ — ca. 20 % Zweiteilungen. 20 ‰ — ca. 25 % Zweiteilungen. 30 ‰ — ca. 20 % Zweiteilungen. 40 ‰ — nur 2 bis 3 % Zweiteilungen, Überstimulation.

Um 6 Uhr:

Kontrolle: ca. 70 % zweigeteilt. 5 ‰ ca. 90 % zweigeteilt. 10 ‰ — ca. 85 % zweigeteilt. 20 ‰ — ca. 98 % zweigeteilt, einige 4-Teilungen. 30 ‰ — ca. 70 % zweigeteilt. 40 ‰ — ca. 50 % der Eier in 2 und 4 Zellen zerfallen.

Um 6.50 Uhr:

Kontrolle: ca. 60 % — 4-Teilungen, ca. 10 % — 8-Teilungen, keine 16-Zellteilungen, ca. 30 % der Eier ungeteilt. 5 ‰ — ca. 60 % 4-Teilungen, ca. 20 % 8-Teilungen, ca. 10 % 2-Teilungen. 10 ‰ ca. 30 % 2-Teilungen. 50 % 4-Teilungen, 10 % 8-Teilungen und 10 % 16-Teilungen. 20 ‰ — ca. 70 % 4-Teilungen, 20 % 8-Teilungen, 5 % 16-Teilungen und 2—3 % ungeteilt. 30 ‰ — ca. 20 % 4-Teilungen, 20 % 8-Teilungen, 10 % 2-Teilungen, 30 % ungeteilt.

Die beste Entwicklung zeigten also die Eier, die vor der Befruchtung mit $MgBr_2$ 10 ‰ behandelt worden sind; um 6.50 Uhr war der Zustand dieser Kultur folgender: 30 % 2-Teilungen, 50 % 4-Teilungen, 10 % 8-Teilungen und 10 % 16-Teilungen; um dieselbe Zeit zeigte die Kontrolle 60 % 4-Teilungen, 10 % 8-Teilungen, keine 16-Teilungen und 30 % ungeteilte Eier.

Am 25. IV., 8 Uhr vormittags.

Kontrolle: Keine schwimmenden Blastulae. Die ersten schwimmenden Blastulae erschienen um 8.30 Uhr vormittags; um diese Zeit waren aber noch 70 % unbewegliche Blastulae und 30 % ungeteilte Eier. 5 ‰ — 50 % schwimmende Blastulae, die andere Hälfte zum größten Teil rotierend in der Membran. Um 8.30 Uhr — nur noch 20 % in der Membran rotierenden Blastulae.

10 ‰ — um 8 Uhr — 80 % schwimmende Blastulae. Um 8.30 Uhr alle Blastulae, ohne Ausnahme, freischwimmend.

20 ‰ um 8 Uhr — 70 % schwimmende Blastulae. Um 8.30 Uhr — 90 % schwimmende Blastulae, 10 % noch in der Membran, rotierend.

30 ‰ — keine Blastulae, 20 % Morulae, die übrigen in Teilung gewesenen Eier haben sich nicht weiter entwickelt.

40 ‰ — alle Entwicklungsstadien, infolge der Überstimulation sind zerfallen.

Dieser Versuch zeigt, daß die Eier, welche mit $MgBr_2$ vorbehandelt waren, sich viel regelmäßiger, viel schneller und vor allen Dingen zu einem höheren Prozentsatz teilten als die unbehandelt gebliebenen und nur normal befruchteten Kontrollen. Während sich die Eier, welche z. B. 3½ Stunden in der 10 ‰ $MgBr_2$-Lösung gewesen sind, durchweg bis zu Blastulae entwickelten, betrug die Zahl der Blastulae bei der Kontrolle 40—50 % und, was besonders wichtig ist, die freischwimmenden Blastulae waren bei den mit 10 ‰ $MgBr_2$ behandelten Eiern ca. 1½ Stunden früher ausgebildet als bei der Kontrolle, was, wie dies aus dem Protokoll zu ersehen ist, eine Folge der erhöhten Teilungsrate der vorstimulierten Eier ist.

Eine Beschleunigung der Entwicklung durch Vorbehandlung mit Stimulationslösungen zeigen aber nicht nur die Eier, welche sich schon im Stadium von Überreife befinden, sondern auch, wie später dargelegt wird, solche Eier, welche vollprozentig befruchtungsfähig sind und folglich in dieser Beziehung noch keine Anzeichen von Überreife aufweisen.

Die Möglichkeit, die uns gegeben ist, durch die Stimulierung der Eier die Lebenspotenzen derselben über die Norm zu heben und ihre Teilungsrate zu beschleunigen, könnte von praktischer Bedeutung sowohl bei der Tierzucht als auch bei der Eugenik des Menschen werden, denn es ist nicht ohne Bedeutung, in welchem Zustand sich die Eier befinden, die zur Befruchtung und Entwicklung kommen. In der geeigneten Stimulationsbeeinflussung des ganzen Körpers haben wir die Möglichkeit, wenn auch indirekt, den physiologischen Zustand der Eier der höheren Tiere günstig zu beeinflussen.

Durch die Behandlung der Eier mit Stimulationslösungen können wir also ihre Lebensfunktionen bedeutend steigern und dadurch günstigere Bedingungen für die spätere Entwicklung schaffen.

Wir haben nun nachgeprüft, ob es nicht möglich wäre, die Erscheinungen der Überreife durch Belassung der Eier in schwachen Stimulationslösungen zeitlich zu verschieben und ihre Befruchtungsfähigkeit länger als normal zu bewahren. Die positive Beantwortung dieser Frage könnte von Bedeutung bei der Fischzucht usw. werden. Daß diese Möglichkeit gegeben ist, zeigt der folgende Versuch:

Die am 24. IV. 1926 abgelegten Eier wurden um 1 Uhr nachmittags in $MgBr_2$ 40 ‰, 30 ‰, 20 ‰, 10 ‰ und 5 ‰ getan und am 25. IV., 8 Uhr abends, das heißt nach einem Verbleiben von 30 Stunden in den Stimulationslösungen, herausgenommen, ausgewaschen und gleichzeitig mit einer unbehandelten Kontrolle normal befruchtet. Am 26. IV., 9 Uhr vormittags, war das Resultat folgendes:

Bei der Kontrolle haben sich nur 10—15 % der Eier zu schwimmenden Blastulae entwickelt, die übrigen Eier sind unbefruchtet geblieben bzw. zerfallen. Die Eier dagegen, die in einer Lösung von $MgBr_2$ 20 ‰ aufbewahrt wurden, haben ca. 40—45 % schwimmende Blastulae gegeben; die in 10 ‰ $MgBr_2$ — ca. 30—40 % und die in 5 ‰ $MgBr_2$ aufbewahrten Eier zeigten ca. 20—30 % schwimmende Blastulae.

Am 27. IV., 12 Uhr mittags — sind bei der Kontrolle ca. 5 % schwimmende fertige Gastrulae vorhanden, der Rest der Blastulae hat sich nicht weiter entwickeln können und ist gestorben. Die Blastulae von den im 5 ‰ $MgBr_2$ 30 Stunden aufbewahrt gewesenen Eiern haben sich alle zu fertigen Gastrulae bzw. zu jungen Plutei entwickelt. Dieser Versuch zeigt auffallend große Unterschiede von der Kontrolle. Bei den übrigen Behandlungen hat sich nur ein Teil der Blastulae zu Gastrulae bzw. Plutei entwickelt, so bei dem Versuch mit $MgBr_2$ 10 ‰ — die Hälfte und bei der Konzentration 20 ‰ $MgBr_2$ — nur ein Drittel der Blastulae, die übrigen sind abgestorben.

Aus dem Versuch geht hervor, daß die in schwachen Stimulationslösungen aufbewahrten Eier ihre Lebensfähigkeit längere Zeit bewahren, als die sich selbst, im normalen Meerwasser, überlassenen Eier.

Dieser wie auch andere ähnlich ausgefallene Versuche beweisen, daß wir durch die Einwirkung von Stimulationsmitteln die Lebenspotenzen der Eier heben und eine Zeitlang erhalten können und auf diese Weise ein für die normale Befruchtung schon unbrauchbar gewordenes Material wieder brauchbar und entwicklungsfähig machen können.

Auf die somatischen Zellen übertragen, zeigen uns die Resultate dieser Versuche außerdem, daß es uns gelingen müßte, durch geeignete Stimulation die Lebensfähigkeit von geschwächten somatischen Zellen anzuregen und zu verlängern. Eine Bestätigung dieser Schlußfolgerung geben die später zu besprechenden Stimulationsversuche an Pflanzensamen. Es ist sowohl mir als auch später G l e i s b e r g u. A. gelungen, durch geeignete Stimulierung

den Keimprozent der Samen zu erhöhen, d. h. Samen, die nicht mehr lebensfähig waren, zu neuem Leben zu entfachen.

Teilungsbeschleunigung durch Stimulation

Da eins der Momente der normalen Befruchtung in der stimulierenden Einwirkung des Spermatozoons liegt, durch welche das Ei zur weiteren Entwicklung angeregt wird, so war der Umstand zu erwägen, ob es nicht möglich wäre, diese Entwicklungserscheinungen zu steigern und auf diese Weise die durch die normale Befruchtung ausgelösten Entwicklungsprozesse zu fördern und zu heben, und zwar könnte diese Einwirkung entweder vor der Befruchtung einsetzen, durch vorherige schwache Stimulation der reifen Geschlechtsprodukte oder aber nach vollzogener Befruchtung, nach der Art, wie ich dies bei der Stimulation der Pflanzensamen (Teil IV) in Anwendung gebracht habe.

Für die Möglichkeit einer Beschleunigung der Teilungserscheinungen sprachen schon die vorher wiedergegebenen Versuche über die Hebung der Lebenspotenzen der überreifen Eier wie auch die schon besprochenen Versuche über die Beschleunigung der Teilungsrate der stimulierten Paramaecien.

Die vorliegenden Untersuchungen beschränkten sich vorläufig auf die Feststellung des Effektes der Stimulationseinwirkung vor der normalen Befruchtung, und zwar durch Anwendung der Stimulation, sowohl auf die Eizelle als auf das Sparmatozoon allein, oder durch vorherige leichte Stimulation beider Geschlechtsprodukte.

Ich gebe die nach dieser Richtung erzielten Resultate an Hand von einigen Versuchsprotokollen wieder.

Versuchsserie A

7. X. 1924, 2.55 Uhr nachm. Reife Eier von Strongylocentrotus lividus in zwei Partien geteilt; die eine davon mit KBr 5 ‰, also mit einer KBr-Lösung, die weit unter dem Stimulationsoptimum (= KBr 25 ‰ — 40 Minuten) liegt, 30 Minuten lang stimuliert und dann viermal mit reinem Meerwasser ausgewaschen und gleich darauf, um 3.30 Uhr in derselben Sekunde, sowohl die unbehandelt gelassenen (I) als auch die stimulierten Eier (II) mit reifen Spermatozoen von Str. lividus normal befruchtet.

Um 3.45 Uhr in I (Kontrolle-Normaleier) — die Kerne in Bewegung nach dem Eizentrum; in II (stimulierte Eier) — alle Kerne schon zentral gelegen und in Vorbereitung zur Teilung.

Um 4.15 Uhr. In I — die Kerne geteilt, Ausbildung der Plasmafurche, noch keine Zellteilung; in II — 20 % bis 30 % der Eier schon im 2-Zellenstadium.

Um 4.30 Uhr. In I — alle Eier im Moment der Zweiteilung; in II — 100 % fertige 2-Zellenstadien.

Um 5 Uhr. In I — alle Eier in Vorbereitung zur zweiten Teilung, aber noch keine 4-Zellenstadien; in II — ca. 80 % 4-Zellenstadien.

Um 5.35 Uhr. In I — alles 4-Zellenstadien; in II — ca. 5 bis 10 % in 8-Zellenstadien.

Um 5.45 Uhr. In I — wie um 5.40 Uhr, Vorbereitung zur dritten Teilung; in II — alles 8-Zellenstadien.

Um 6 Uhr. In I — ca. 90 % 8-Zellenstadien; in II — ca. 5 % 16-Zellenstadien.

Um 6.05 Uhr. In I — alles im 8-Zellenstadium.

Also um 6.05 Uhr, d. h. 3 Stunden nach Beginn des Versuches, zeigen die vor der Befruchtung stimulierten Eier im Vergleich zu der Kontrolle (zu den normalbefruchteten Eiern) einen Entwicklungsvorsprung von ca. 20 Minuten.

Dieser Vorsprung vergrößerte sich bei der weiteren Entwicklung. Da die Beobachtung des Versuches während der Nacht nicht durchzuführen war, so wurden Kontrolle und stimulierte Eier in einen kälteren Raum gestellt, um die Entwicklung zu verlangsamen, so daß in der Frühe am nächsten Tage der für den Fortgang der Entwicklung wichtige Moment des Beginnes der Blastulaebewegung beobachtet werden konnte. Und in der Tat um 6.30 Uhr in der Frühe am 8. X. zeigte die Kontrolle (I) schon vollständig ausgebildete Blastulae, die noch mit Membran umgeben und unbeweglich waren; dagegen die vor der Befruchtung stimulierten Eier (II) waren in ca. 50 % gerade in Bewegung getreten, die andere Hälfte sprengte in den nächsten 10 Minuten auch die Membran und kam in Bewegung.

Um 7.30 Uhr vormittags waren die ersten beweglichen Blastulae in der Kontrolle (I) zu beobachten, und erst um 8 Uhr sprengten alle Blastulae die Membran und wurden beweglich.

Also das Stadium der beweglichen Blastulae wurde bei den stimulierten Eiern mit einem Vorsprung von ca. 1¼ Stunde erreicht.

Infolge der nächtlichen Abkühlung zeigte die Kontrolle in ca. 30 % Zerfallserscheinungen, während die stimulierten Eier nur ca. 5 % solche Abnormalitäten zeigten, was ein Zeichen für die größere Lebensfähigkeit der stimulierten Eier ist. Diese Erscheinung — Hebung der Lebensfähigkeit der Embryonen nach vorangegangener Stimulation der Eier vor der Befruchtung — war mehrfach auch bei anderen ähnlichen Versuchen zu beobachten. Die Feststellung könnte wichtig in praktischer Beziehung werden, wie dies aus meinen weiteren Ausführungen zu ersehen sein wird.

9. X., 8 Uhr vormittags. Die Kontrolle (I) zeigt die ersten Anfänge von Gastrulation, die Blastulae sind an einem Pol eingedrückt, die stimulierten Eier (II) dagegen sind schon vollständig gastruliert.

9. X., 2 Uhr nachmittags. Die Kontrolle (I) vollständig gastruliert, d. h. sie ist in demselben Entwicklungsstadium, in welchem die stimulierten Eier (II) um 8 Uhr vormittags waren. Um 2 Uhr nachmittags haben diese letzteren (II) schon die dreieckige Form angenommen, d. h. sie sind schon im Vorstadium von Pluteusbildung.

11. X., vormittags. Die Kontrolle ist bis zum Anfangsstadium von Pluteusbildung — Skelettbildung und Anfänge von Auswüchsen — fortgeschritten, die stimulierten Eier dagegen haben schon ganz normale Plutei, mit gut entwickelten Skelettstäbchen und 4 gut ausgebildeten Auswüchsen ergeben.

Dieser Versuch zeigt auf unzweideutige Weise, daß es möglich ist, durch eine kurze Vorstimulation der reifen Eier, die Entwicklung derselben, nach nachfolgender normaler Befruchtung, nicht nur beträchtlich zu beschleunigen, sondern auch die Embryonen in ihren Lebenspotenzen und in ihrer Widerstandsfähigkeit zu heben.

Einen ähnlichen Verlauf zeigten auch andere genau so angestellte Versuche.

Die günstige Wirkung, nicht nur der Eistimulation, sondern auch der stimulierten Spermatozoen allein auf die Entwicklung, oder die kombinierte Wirkung von stimulierten Eiern + stimulierten Spermatozoen auf dieselbe, ist aus folgendem Versuch mit Eiern von Strongylocentrotus lividus zu entnehmen.

Versuchsserie B

10. X. I. Normale Eier + normale Spermatozoen (normale Befruchtung — Kontrolle);

II. 20 Minuten mit KBr 5 ‰ stimulierte Eier + 15 Minuten mit KBr 5 ‰ stimulierte Spermatozoen;

III. Normale Eier + normale Spermatozoen (normale Befruchtung — Kontrolle);

IV. Normale Eier + 15 Minuten mit KBr 5 ‰ stimulierte Spermatozoen;

V. 30 Minuten mit KBr 5 ‰ stimulierte Eier + normale Spermatozoen.

Die Versuche I und II wurden gleichzeitig (in derselben Sekunde) 10.05 Uhr vormittags befruchtet; 10 Minuten später, also um 10.15 Uhr, wurden die Versuche III, IV und V ebenfalls gleichzeitig befruchtet. Aus dieser Versuchsanordnung ist zu ersehen, daß in den ersten Entwicklungsstunden nur die Versuche I und II bzw. III, V und V miteinander verglichen werden dürfen. Am zweiten

Tag aber — der Zeitraum von 10 Minuten, der die Versuche I und II bzw. III, IV und V voneinander trennte, wurde fast ausgeglichen — die Kontrollen I und III zeigten das gleiche Entwicklungsstadium, so daß auch der Versuch II ohne fehlzugehen mit den Versuchen IV und V verglichen werden darf.

Um 11.35 Uhr vormittags in I — die Hälfte der Eier in Ausbildung von 4-Zellenstadien, die andere Hälfte schon in 4-Zellenstadien; in II — ca. 80 % ausgebildete 4-Zellenstadien, 20 % in 8-Zellenstadien.

Um 10.55 Uhr in I — alles 4-Zellenstadien, einzelne Übergänge zu 8-Zellenstadien; in II — ca. 70 % 8-Zellenstadien, die übrigen 30 % — Übergang zu 8-Zellenstadien.

Um 12 Uhr in I — ca. 20 % ausgebildete 8-Zellenstadien, die übrigen Übergang zu 8-Zellenstadien; in II — alles 8-Zellenstadien.

Um 12.15 Uhr in I — ca. 75 % ausgebildete 8-Zellenstadien; in II — 8-Zellenstadien und ca. 30 % 16-Zellenstadien.

Um 12.25 Uhr in I — 8-Zellenstadien und ca. 15 % 16-Zellenstadien; in II — ca. 80 % 16-Zellenstadien und 20 % Übergang zu 16-Zellenstadien.

Um 12.35 Uhr in I — 75 % 16-Zellenstadien; in II — alles 16-Zellenstadien und Übergang zu 32-Zellenstadien, schon einzelne ausgebildete 32-Zellenstadien.

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, daß der Versuch mit stimulierten Eiern + stimulierten Spermatozoen um ein gutes Stück in der Entwicklung der Kontrolle vorauseilt. Dieser Unterschied steigerte sich in der weiteren Entwicklung, so daß um 4.55 Uhr nachmittags an demselben Tage alle Blastulae im Versuch II aufgeplatzte Membranen zeigten und anfingen sich zu bewegen, während dasselbe Stadium in der Kontrolle (I) erst um 6.30 Uhr nachmittags, d. h. mit einer Verspätung von 1.35 Stunde eintrat.

Ähnliche Entwicklungsunterschiede zeigten auch die Versuche III—V.

Um 10.40 Uhr vormittags in III (Kontrolle) — 90 % 2-Zellenstadien, der Rest im Übergang zu 4-Zellenstadien; in IV — alles 4-Zellenstadien, einzelne Übergänge zu 8-Zellenstadien; in V — wie in IV.

Um 11.50 Uhr in III — 80 % 4-Zellenstadien und 20 % Übergänge zu 4-Zellenstadien; in IV — alles 4-Zellenstadien, mit einzelnen ausgebildeten 8-Zellenstadien; in V — wie in IV.

Um 12 Uhr in III — 90 % 4-Zellenstadien und 10 % Übergang zu 4-Zellenstadien; in IV — 90 % 4-Zellenstadien und 10 % 8-Zellenstadien; in V — 70 % 4-Zellenstadien und 30 % 8-Zellenstadien.

Um 12.25 Uhr in III — alles 8-Zellenstadien; in IV — 80 % 8-Zellenstadien und 20 % 16-Zellenstadien; in V — wie in IV.

Um 12.40 Uhr in III — 50 % 16-Zellenstadien und 50 % Übergang zu 16-Zellenstadien; in IV — alles 16-Zellenstadien; in V wie in IV.

Die zwischen der Kontrolle III und den Versuchen IV und V ausgebildeten Unterschiede in der Entwicklung wurden weiter verschärft, so daß um 5 Uhr nachmittags die Versuche IV und V schon bewegliche Blastulae zeigten; dasselbe Stadium wurde von der Kontrolle (III) erst um 6.45 Uhr, d. h. mit einer Verspätung von 1.45 Stunden erreicht, also bei den Versuchen IV und V, mit nur stimulierten Spermatozoen, bzw. mit nur stimulierten Eiern, ging die Entwicklung im Vergleich zu der Kontrolle schon am ersten Tag etwas schneller vor sich, als die Entwicklung des Versuches mit stimulierten Eiern und stimulierten Spermatozoen (II) (natürlich mit der dazu gehörigen Kontrolle I verglichen): die Versuche IV und V zeigten einen Vorsprung in der Entwicklung von 10 Minuten gegenüber von Versuch II.

Am 11. X., 8 Uhr vorm., war der Stand der Versuche folgender: In I (Kontrolle 10.05 Uhr) zeigten die Blastulae die erste leise Einbuchtung, den ersten Anfang zur Gastrulation; in II — vollständig ausgebildete Gastrulae, die schon eine dreieckige Form zeigen — Vorstadium zum Pluteus; in III (Kontrolle 10,15 Uhr) — kein Unterschied von der Kontrolle I, erster Anfang zur Gastrulation; in IV — fertig ausgebildete Gastrulae mit dreieckiger Form — Vorstadium zum Pluteus; in V — wie in IV.

Am 13. X., 8 Uhr vorm. In den Kontrollen I und III — Gastrulae, meist mit dreieckiger Form und Skelettstäbchen, — munter beweglich, Vorstadien zu Plutei; in II — ca. 50 % fertig ausgebildete normale Plutei, — die übrige Hälfte Anfangsstadien von Plutei mit noch schwach ausgebildeten Auswüchsen; in IV — ca. 90 % fertig ausgebildete Plutei, weiter fortgeschritten als die Plutei vom Versuch II, die übrigen 10 % noch junge Plutei; in V — ca. 95 % fertig ausgebildete Plutei wie beim Versuch IV.

Aus diesem Versuch ist zu entnehmen, daß die beste Entwicklung durch die Stimulierung der Eier für sich (Versuch V) oder der Spermatozoen für sich (Versuch IV) erzielt wird. Bedeutend zurück, im Vergleich zu den Versuchen IV und V, war der Versuch mit den stimulierten Eiern und stimulierten Spermatozoen (Versuch II), aber auch in diesem Falle war die Entwicklung weiter fortgeschritten als bei den Kontrollen. In dem Versuch II war wahrscheinlich infolge der Summierung der zwei Stimulationen ein Überschreiten der optimalen Grenze eingetreten, ohne aber zu einer Überstimulation gekommen zu sein. Bei dieser Versuchsanstellung müssen also die Zeiten der resp. Stimulationen verkürzt werden.

Die in den Abb. 6a, b wiedergegebene Mikrophotographie (aufgenommen am 13. X., 4 Uhr nachm.) zeigt uns den großen Unterschied, der sich zwischen den Plutei V (Abb. 6a) und den Anfangsplutei der Kontrolle II (Abb. 6b) herausgebildet hat.

Die Ergebnisse auch dieser Versuche stehen in vollkommener Übereinstimmung mit den vorher erwähnten.

Abb. 6a.

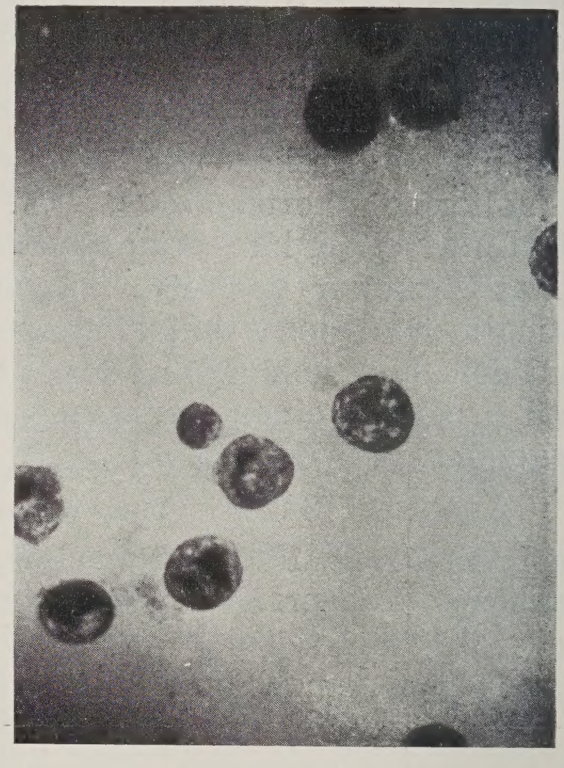


Abb. 6b.

Bei den Versuchsserien A, B, wie auch bei anderen ähnlichen Versuchen, zeigte sich die bemerkenswerte Tatsache, daß die von stimulierten Eiern oder von normalen Eiern + stimulierten Spermatozoen erhaltenen Embryonen eine größere Lebensfähigkeit als die normalbefruchteten Eier aufweisen. Diese wichtige Beobachtung habe ich in mannigfach variierten Versuchen immer bestätigt gefunden, so z. B. stimuliert man gleich nach der Eiablage die Eier von Strong. lividus entweder mit KBr 5 ‰ — 30—40 Minuten; oder mit Bromphenol 0,25 ‰ — 5 Minuten; oder mit KJ 5 ‰ — 2 Minuten; oder mit Glyzerin 5 ‰ usw. und läßt die so stimulierten Eier, nach Abwaschung von der Stimulationslösung, unbefruchtet mit entsprechenden Kontrollen (unbefruchtete normale Eier) liegen, so zeigen die Kontrollen schon nach 24 Stunden Zerfallserscheinungen, die stimulierten Eier aber bleiben alle erhalten, weil sie durch die, wenn auch schwache Stimulation, schon eine Hebung der Lebensprozesse zeigen: das individuale Leben der Eier wird verlängert.

Wie bedeutend diese Verlängerung und Erhaltung der Lebensfunktionen für die spätere Entwicklung der Eier ist, zeigt uns der folgende Versuch:

Versuchsserie C

Am 14. X., 10 Uhr vorm., wurden frisch abgelegte Eier von Strong. lividus auf folgende Weise behandelt:

I. Kontrolle — unbehandelte Eier.

II. Eier stimuliert mit KJ 10 ‰ — 10 und 15 Minuten.

III. Eier stimuliert mit KJ 15 ‰ — 5, 8 und 10 Minuten.

Am 15. 10., 9.55 Uhr, d. h. 24 Stunden nach der Eiablage und nach der Stimulation wurden alle Versuche gleichzeitig mit normalen Spermatozoen befruchtet.

Es zeigte sich gleich nach der Befruchtung, daß ca. 20 % der Kontrolleier unbefruchtet blieben und daß die befruchteten Eier keine Membran mehr ausbilden konnten, was als ein Zeichen von geschwächter Lebensfunktion anzusehen ist. Bei der weiteren Entwicklung der Eier zeigten sich manche unregelmäßige Teilungen, und außerdem gingen die Blastomeren, infolge Fehlens der Membran, vielfach auseinander und gaben Anlaß zur Ausbildung von verschieden großen Blastulae.

Ein anderes Bild boten die mit KJ vorstimulierten Eier. Hier wurden alle Eier befruchtet und alle bildeten eine dünne Membran aus, so daß die weitere Entwicklung normal vor sich ging. Nur hier und da trafen bei KJ 10 ‰ ungleichmäßige, anormale Teilungen, bei KJ 15 ‰ dagegen verlief die Teilung in allen Fällen ganz regelmäßig und normal.

Hier gebe ich in verkürzter Form das Protokoll dieser Versuchsserie wieder.

Um 10.10 Uhr vormittags:

In der Kontrolle — ca. 20 % der befruchteten Eier mit 2 Kernen, noch keine Zweizellteilungen.

KJ 10 ‰:
- 5′ — ca. 20 % 2-Zellstadien, alle übrigen Eier mit 2 Kernen;
- 10′ — „ 10 % „ „ „ „ „ 2 „
- 15′ — „ 20 % „ „ „ „ „ 2 „

KJ 15 ‰:
- 5′ — 80 % 2-Zellstadien und 20 % 4-Zellstadien;
- 8′ — 50 % „ „ 50 % „
- 10′ — 50 % „ „ 50 % „

Um 10.40 Uhr:

In der Kontrolle 50 % der Eier noch ungeteilt, 40 % in 2-Zellstadien, 10 % in 4-Zellstadien.

KJ 10 ‰:
- 5′ — 5 % ungeteilt, 25 % 2-Zellstadien, 60 % 4-Zellstadien, die übrigen 8-Zellstadien;
- 10′ — 5 % ungeteilt, 40 % 2-Zellstadien, 40 % 4-Zellstadien, 10 % 8-Zellstadien;
- 15′ — 5 % ungeteilt, 40 % 2-Zellstadien, 30 % 4-Zellstadien, 25 % 8-Zellstadien.

KJ 15 ‰:
- 5′ — 10 % 2-Zellstadien, 70 % 4-Zellstadien, 20 % 8-Zellstadien;
- 8′ — 5 % „ 50 % „ 45 % „
- 10′ — einzelne „ 60 % „ 40 % „

Um 11.15 Uhr:

In der Kontrolle 50 % der Eier ungeteilt geblieben, 5 % 2-Zellstadien, 40 % 4-Zellstadien, 5 % 8-Zellstadien.

KJ 10 ‰
- 5 — einige Eier ungeteilt, einige 2-Zellstadien, 20 % 4-Zellstadien, 60 % 8-Zellstadien, 10 % 16-Zellstadien;
- 10′ — einige Eier ungeteilt, einige 2-Zellstadien, 10 % 4-Zellstadien, 60 % 8-Zellstadien, 20 % 16-Zellstadien;
- 15′ — einige Eier ungeteilt, keine 2-Zellstadien, 5 % 4-Zellstadien, 50 % 8-Zellstadien, 40 % 16-Zellstadien;

KJ 15 ‰
- 5′ — einige Eier ungeteilt, 5 % 4-Zellstadien, 60 % 8-Zellstadien, 25 % 16-Zellstadien;
- 8′ — dasselbe wie bei 5′ nur 30 % 16-Zellstadien;
- 10′ — einige Eier ungeteilt, 5 % 4-Zellstadien, 50 % 8-Zellstadien, 40 % 16-Zellstadien.

Am 16. X., 8 Uhr vorm., sind alle Versuche in Gastrulation:

In den mit KJ behandelten Versuchen ist die Gastrulation fast beendet, bei der Kontrolle noch in ihrem Anfang. In den Versuchen sind alle Embryonen am Leben, keine Zerfallsstadien, in der Kontrolle dagegen sind nur ca. 25 % der befruchteten Eier im Gastrulastadium, die übrigen Eier zerfallen in den verschiedenen Stadien der Entwicklung, was für die verminderte Lebensfähigkeit der liegengebliebenen, der überreifen Eier und für die Erhaltung der Lebensenergie der mit KJ behandelten Eier spricht[1]).

Am 17. X., 8 Uhr vormittags:

In der Kontrolle die ersten Stadien von Pluteusbildung, typische Dreimasterform, mit Ansätzen von Auswüchsen.

Bei den KJ-Versuchen vollständig ausgebildete Plutei, am besten und am weitesten entwickelt sind die Plutei bei KJ 15 ‰ — Behandlung 8 Minuten. Dieser letzte Versuch zeigte einen ca. 20stündigen Vorsprung in der Entwicklung im Vergleich zu der Kontrolle, denn vollständig ausgebildete Plutei waren in dieser letzteren erst am folgenden Tag zu beobachten.

Auffallend, sowohl bei den Kontrollplutei als auch in geringerem Maße bei den KJ-Plutei, war, daß dieselben verschrumpft, nicht „jugendfrisch“ aussahen, sie zeigten trotz ihrer Jugend einen senilen Habitus. Unwillkürlich denkt man an schwächliche, senil aussehende Neugeborene: ob nicht auch hier ein Zusammenhang mit der zufälligen starken Überreife der zur Befruchtung gekommenen Eier besteht?

Auf alle Fälle ist festzustellen, daß die starke Überreife der Eier ihren kolloidalchemischen Zustand von Grund aus verändert und ihre Quellungsfähigkeit vermindert; dadurch auch die verschrumpften Plutei.

[1]) Die wichtigen Untersuchungen R. Hertwigs an Froscheiern haben einen kausalen Zusammenhang zwischen der Überreife der Eier und der Geschlechtsbestimmung gezeigt. Diese Untersuchungen wurden dann von Seiler cytologisch an überreifen Schmetterlingseiern mustergültig näher präzisiert. Es würde von großer theoretischer Bedeutung sein, festzustellen, inwieweit die Stimulierung von überreifen Eiern, wie sie in den vorliegenden Versuchen durchgeführt wurde, auf die Geschlechtsbestimmung umändernd wirken würde. Man könnte erwarten, daß eine Verschiebung zu den normalen Verhältnissen stattfinden würde, da durch die Stimulation die Erscheinungen der Überreife aufgehalten werden Von diesen Erwägungen ausgehend, würde auch beim Menschen eine allgemeine optimale Stimulationsdiät vor der Befruchtung zu einer Verschiebung des Geschlechtes nach der weiblichen Richtung führen müssen.

Die Stimulationskonzentration von KJ 15 ‰ bei Versuchen, welche mit nachfolgender Befruchtung kombiniert wurden, erwies sich als zu stark, wenn die Befruchtung gleich nach der Stimulationseinwirkung erfolgte. In diesem Falle, wie der nachfolgende Versuch zeigte:

I. Kontrolle — normale Befruchtung;
II. stimulierte Eier 10 Minuten mit KJ 15 ‰ + normale Spermatozoen;
III. stimulierte Eier 10 Minuten mit KJ 15 ‰ + stimulierte Spermatozoen mit KJ 15 ‰ 5 Minuten;
VI. normale Eier + stimulierte Spermatozoen mit KJ 15 ‰ 5 Minuten,

blieben die Stimulationsversuche in der Entwicklung bedeutend hinter der Kontrolle zurück, was ein Zeichen von Überstimulation war.

Beim Liegenbleiben der stimulierten Eier dagegen, infolge der längeren Erhaltung ihrer Lebensenergie, im Vergleich zu dem unaufhörlichen Verfall der überreifen Kontrolleier, waren die stimulierten Eier im Vorteil. In diesem Falle wird außerdem die Überstimulation mit der eintretenden Überreife durch das Liegenbleiben der Eier behoben und kompensiert.

Als wichtige Ergebnisse der hier besprochenen Versuchsserien sind folgende festzuhalten:

1. Die normale Befruchtung, nur vom Stimulationsstandpunkt aus betrachtet, als Anstoß zur Eientwicklung, ist, infolge des rasch wechselnden physiologischen Zustandes der Eier nach der Eiablage und des unmittelbaren Ansetzens der Erscheinungen der Überreife, nicht immer die optimale Entwicklungseinstellung.

2. deshalb war es möglich, durch eine kurze, genau bestimmte vorherige Stimulation, sei es der reifen unbefruchteten Eizelle, oder des reifen Spermatozoons, oder der beiden zusammen, die Entwicklungsenergie des Eies beträchtlich zu steigern und lebensfähigere als normale Embryonen zu bekommen. Man kann also auch in diesem Fall — bei der Befruchtung —, die doch die Grundlage des Fortbestehens des Lebens ist, die Natur korrigieren und verbessern. Ein anderes prägnantes Beispiel von Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Lebensvorgängen ist die Erhöhung der Wachstumspotenzen der Pflanzensamen, durch die von mir ausgearbeiteten Samenstimulationsmethoden. (III. Teil.)

3. Die Festlegung dieser Möglichkeit, die durch die oben angeführten Experimente über jedem Zweifel steht, eröffnet uns Ausblicke, die sowohl von theoretischer als auch von praktischer Bedeutung sind.

4. Es wird sicher gelingen, durch Vorstimulation von Geschlechtsprodukten bei der Fischzucht z. B. zahlreichere und lebensfähigere Generationen zu bekommen.

5. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß der Gedanke der Stimulation der Geschlechtsprodukte vor der Befruchtung nutzbringend auch bei der Viehzucht werden kann. Es muß nur die Frage einer allgemeinen Stimulation des Körpers genau untersucht und präzisiert werden.

6. Da die Versuche mit Stimulation der Geschlechtsprodukte — Eier oder Spermatozoen — gezeigt haben, wie wichtig für die spätere Entwicklung der physiologische Zustand der Geschlechtsprodukte ist und wie leicht dieser physiologische Zustand durch chemische oder auch physikalische Einwirkungen positiv oder negativ beeinflußt werden kann, — so gewinnt die Frage der Stimulation der Geschlechtsprodukte auch an Wichtigkeit für die Eugenik beim Menschen. Es ist für die Nachkommenschaft nicht belanglos, welchen chemischen Einwirkungen ein geschlechtsreifer menschlicher Organismus ausgesetzt wird. Und es ist eine große, wenn auch schwere Aufgabe, auch nach dieser Richtung die günstigste Einstellung der chemischen und physikalischen Einwirkungen genau experimentell festzustellen und zu präzisieren.

Über die Bedeutung des p_H-Wertes für die Entwicklung der stimulierten Seeigeleier

Bei den bisherigen Betrachtungen der Zellstimulationserscheinungen an den Seeigeleiern haben wir den p_H-Wert des Wassers außer acht gelassen. Und dies mit Unrecht, denn aus vielen eingehenden Untersuchungen ist bekannt, daß die Wasserstoffionenkonzentration des Mediums eine entscheidende Rolle bei der Abwicklung der Lebensprozesse spielt. Deshalb habe ich mit meinen Mitarbeitern die Versuche auch nach dieser Richtung ausgedehnt, um die Wirkung der Zellstimulationsagentien von der jeweiligen Wirkung der Wasserstoffionen auf die Lebensprozesse der Eizelle abzugrenzen und in ihrer Erscheinungsform auseinanderzuhalten. Zu diesem Zweck haben wir eine Reihe von Versuchen an Seeigeleiern bei genau bestimmtem p_H-Gehalt sowohl der Stimulationslösungen als auch des Kulturwassers angelegt und die Entwicklung der unbehandelten und stimulierten Eier vergleichend untersucht.

Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration wurde nach der kolorimetrischen Methode mit dem Apparat von Breslau, nach Abrechnung des Salzfehlers, bei Zimmertemperatur von 24—28° C ausgeführt.

Das normale filtrierte Neapler Meerwasser in den Bassins der Zoologischen Station hat einen p_H-Gehalt von 7,4 bis 7,5. Bei diesem

p_H-Gehalt bleiben die unbefruchteten reifen Seeigeleier ohne irgendwelche Anzeichen von Entwicklung.

1. 30. IV. 1926. Die Wirkung der Wasserstoffionenkonzentration des Meerwassers auf die Entwicklung der nichtstimulierten, unbefruchteten reifen Eier wurde bei

p_H 8,2 und p_H 8,8

bei Behandlung von 30, 45, 60, 75, 90 und 120 Minuten und die der 50 ‰ NaBr-Lösung bei p_H-Gehalt 7,5 und 8,2 ebenfalls bei Behandlung von 35, 45, 60, 75, 90 und 120 Minuten untersucht.

Als Kontrollen dienten 1. unbefruchtete und 2. normalbefruchtete Eier desselben Weibchens, die in Meerwasser von p_H 7,4 aufbewahrt waren. Gleich nach der Behandlung und mehrmaliger Auswaschung wurden auch die Versuchseier in normales Meerwasser von p_H 7,4 zurückversetzt.

Der Versuch wurde um 5 Uhr nachmittags fertig angelegt.

Am 1. V., 8 Uhr vorm., war der Versuch in folgendem Zustand:

Bei den mit Meerwasser von p_H 8,2 bzw. p_H 8,8 behandelten Eiern keine Veränderung, n u r b e i p_H 8,8 — 90 bis 120 Minuten einzelne Eier abgestorben.

B e i NaBr 50 ‰ p_H 7,5:

30 Minuten — ca. 15 % 2- bis 4-Zellenstadien, die übrigen Eier mit Kernteilungen, aber ohne Zellteilungen.

Bei 45 Minuten — ca. 30 % der Eier in 2- bis 8-Zellenstadien, die übrigen wie bei 30 Minuten.

60 Minuten — im allgemeinen wie bei 45 Minuten, nur daß hier ca. 50 % der Eier ihre Entwicklung bei 8- bis 16-Zellenstadien unterbrochen haben.

75 Minuten — ca. 50 % 2-Zellenstadien — bis Morulae, ca. 10 % in schwarzer Cytolyse und die übrigen ungeteilt.

90 Minuten — ca. 5 % freischwimmende Blastulae, 15—20 % in schwarzer Cytolyse, ca. 20 % mit Kernteilung ohne Zellteilung und die übrigen Eier sind in der Entwicklung in verschiedenen Teilungsstadien bis Morulae stehengeblieben.

120 Minuten — ca. 10 % der Eier in verschiedenen Teilungsstadien bis Morulae stehen geblieben, die übrigen Eier in schwarzer Cytolyse.

B e i NaBr 50 ‰ p_H 8,2 ist die Entwicklung weit günstiger.

30 Minuten — ca. 15 % der Eier haben ihre Entwicklung nach 1- bis 2-Zellteilungen unterbrochen, ca. 5 % der Eier sind zweikernig und die übrigen mit vergrößertem, aber ungeteiltem Kern.

45 Minuten — ca. 50 % der Eier sind in ihrer Entwicklung bis 2—32-Zellenstadien gegangen, ca. 5 % haben sich zu freischwimmenden Blastulae entwickelt, die übrigen Eier sind mit vergrößertem oder schon geteiltem Kern.

60 Minuten — ca. 70 % der Eier haben sich bis Morulae entwickelt und ca. 10 % bis 2—4-Zellenstadien, die übrigen Eier mit vergrößertem oder geteiltem Kern, ca. 10 % in schwarzer Cytolyse.

75 Minuten — ca. 50 % bis Morulae entwickelt, ca. 25 % in schwarzer Cytolyse und die übrigen ungeteilt.

90 Minuten — ca. 75 % in schwarzer Cytolyse und 25 % bis Morulae entwickelt.

120 Minuten — alle Eier in schwarzer Cytolyse.

Die unbehandelte Kontrolle ist unverändert geblieben, die normalbefruchtete hat sich zu Blastulae entwickelt.

Am 3. V. Die Blastulae von den Versuchen mit NaBr 50 ‰ p_H 7,5 bzw. 8,2 und die Blastulae der normalbefruchteten Kontrolle haben sich bis zu jungen Plutei entwickelt.

Aus dem Verlauf dieses Versuches ist zu entnehmen 1. daß das Meerwasser mit einem erhöhten p_H-Gehalt von 8,2 und 8,8 allein nicht imstande ist, die Seeigeleier zur Entwicklung zu bringen, und daß folglich die Entwicklungsanregung, die die Eier nach Behandlung mit Stimulationslösungen, in unserem Falle mit einer 50 ‰ Lösung von NaBr, erhalten, der Wirkung des angewandten Stimulans zuzuschreiben ist, und 2. daß die Wirkung der Stimulationslösungen gehoben werden kann, wenn der p_H-Gehalt derselben optimal für die Seeigeleier eingestellt ist, in unserem Falle statt p_H 7,5 — p_H 8,2, denn bei der Stimulierung der Eier mit einer 50 ‰ Lösung von NaBr von p_H 7,5 entstehen die schwimmenden Blastulae bzw. Plutei bei einer Behandlung von 90 Minuten, während bei Erhöhung des p_H-Gehaltes derselben Stimulationslösung auf 8,2 die Blastulae bzw. Plutei nach einer viel kürzeren Behandlung, in unserem Falle, nach 45 Minuten sich entwickeln.

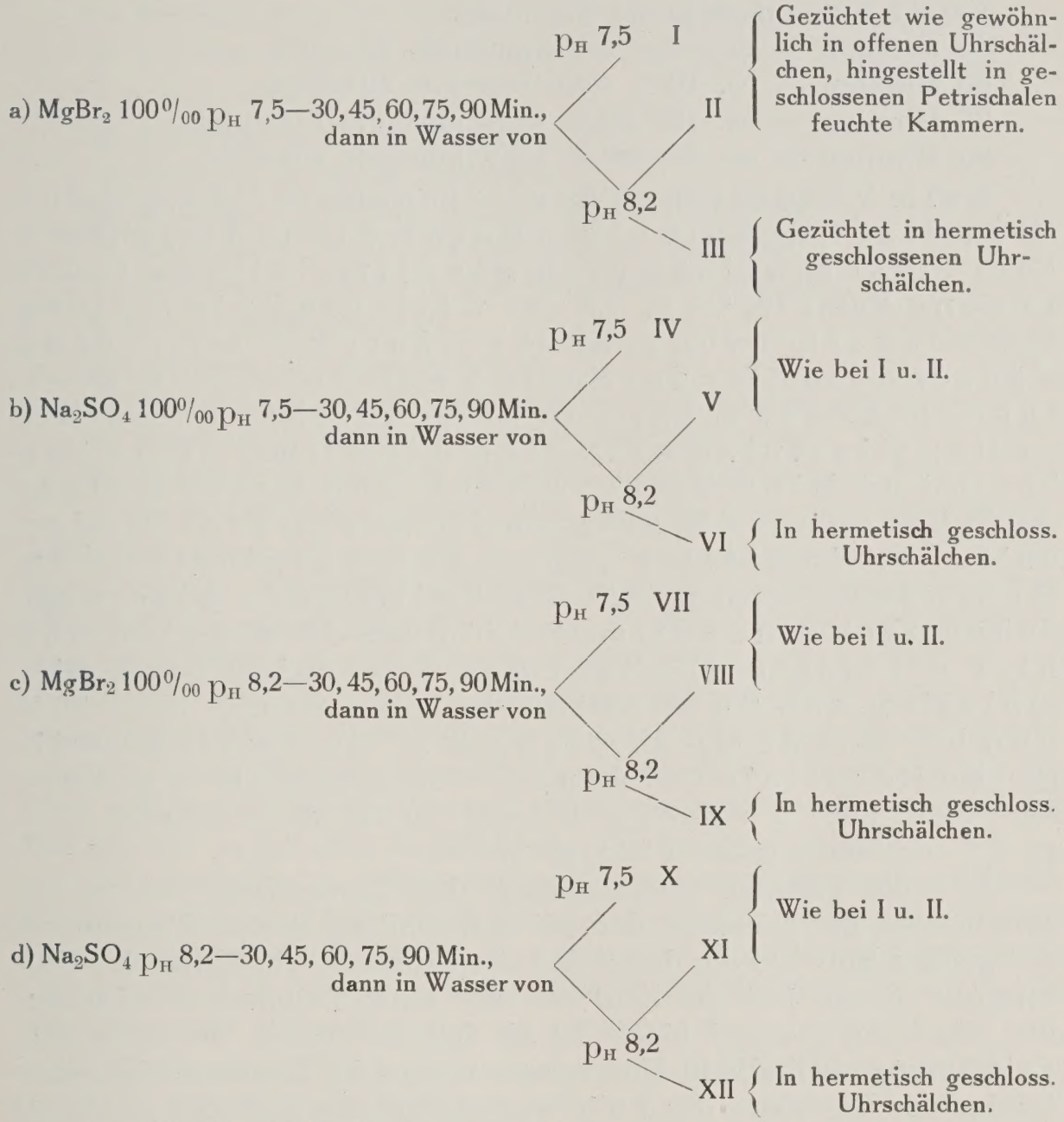
2. Die Lebensprozesse fördernde Wirkung des p_H-Gehaltes des Wassers wird besonders deutlich bei Versuchen, bei welchen die Konzentration der Stimulationslösungen gleich bleibt und nur der p_H-Gehalt des Kulturwassers und der Stimulationslösungen variiert.

18. IV. 1926. Als Stimulationsmittel wurden angewandt a) $MgBr_2$ 100 ‰ und b) Na_2SO_4 100 ‰, und zwar 1. bei p_H 7,5 und 2. bei p_H 8,2, bei nachträglicher Züchtung die Eier entweder in gewöhnlichem Meerwasser von p_H 7,5 oder in Wasser von p_H 8,2.

Da aber bei längerem Kontakt mit der Luft der p_H-Gehalt des Wassers herabgemindert wird, so haben wir die Versuche mit dem höheren p_H-Gehalt so geführt, daß neben den Versuchsreihen in feuchten Petrischalen-Kammern auch Versuche angelegt wurden, bei welchen die Uhrschälchen, in denen die Eier weitergezüchtet wurden, nach Anlegen des Versuches, hermetisch geschlossen wurden, ohne Zurücklassen von Luftblasen, so daß der p_H-Gehalt des Wassers, bis zu seinem Wechsel, der jeden Tag vorgenommen wurde, unverändert blieb. Es erübrigt sich zu erwähnen, daß die Aus-

waschung der Eier mit Wasser von entsprechendem p_H-Gehalt vorgenommen wurde.

Dem oben Gesagten zufolge ergab sich die folgende Versuchsanordnung:



Am 19. IV. 1926, 8 Uhr vormittags.

a) Stimulationsversuche mit $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 7,5:

Versuchsserie I.

30 Minuten — keine Blastulae.

Dasselbe Bild auch bei 45 und 60 Minuten. Keine Blastulae.

75 Minuten — ca. 5 % schwimmende Blastulae.

90 Minuten — etwas besser als bei 75 Minuten, ca. 5—8 % schwimmende Blastulae.

Versuchsserie II.

30 Minuten — keine Blastulae.

45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.

60 Minuten — ca. 5 % schwimmende Blastulae.
75 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.
90 Minuten — ca. 20 % schwimmende Blastulae.

Versuchsserie III.

Bei 30 Minuten — keine Blastulae.
45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
60 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.
75 Minuten — ca. 15—20 % schwimmende Blastulae.
90 Minuten — ca. 30—40 % schwimmende Blastulae.

Beim Vergleichen der Versuchsserien I, II und III fällt auf, daß die beste Entwicklung diejenigen Eier zeigen, welche nach der Stimulation mit der Lösung $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 7,5 zur weiteren Entwicklung in Meerwasser von p_H 8,2 überführt wurden, — denn während die Eier der Serie I, welche ihre Entwicklung im Meerwasser von p_H 7,5 durchmachten, die ersten Blastulae erst nach der Stimulation von 75 und 90 Minuten aufwiesen, und zwar in einer Anzahl von nur 5 %, zeigten dieselben Eier bei derselben Stimulation, aber bei Entwicklung im Meerwasser von p_H 8,2 — schwimmende Blastulae schon nach einer Stimulation von 45 Minuten, und hier erreichte die Zahl der Blastulae nach Stimulation von 90 Minuten, bei der Serie II — 20 % und bei der Serie III sogar 40 %. Die weit günstigeren Resultate bei den Serien II und III — p_H 8,2 — im Vergleich zu den Resultaten der Serie I — p_H 7,5 — sind augenfällig.

Für die günstige Beeinflussung der Entwicklung bei p_H 8,2 spricht auch der Umstand, daß bei Beibehaltung des p_H 8,2 während der ganzen Entwicklung durch den hermetischen Verschluß der Kulturgläser (Serie III) die Zahl der sich entwickelnden, schwimmenden Blastulae zweimal höher ist als bei den Eiern, die zwar ihre Entwicklung ebenfalls in Meerwasser von p_H 8,2 durchmachten, aber infolge des Kontaktes des Kulturwassers mit der Luft der p_H-Gehalt nach einigen Stunden herabgemindert wurde und sich dem p_H 7,5 näherte. Diese letzte Versuchsserie (Serie II) zeigt aber, daß die Entwicklung der stimulierten Eier eine günstigere Beeinflussung, sogar bei nur vorübergehender Übertragung der Eier in Meerwasser, von optimalem p_H-Gehalt erfährt; und dieser optimale p_H-Gehalt für die Seeigeleier, wie andere Versuche von uns zeigten, liegt bei 8,2.

b) Stimulationsversuche mit Na_2SO_4 100 ‰ p_H 7,5

Dieselbe Abstufung der Resultate zeigten auch die ähnlich wie bei den vorhergehenden Serien I, II und III angestellten Versuche mit Seeigeleiern, welche aber statt mit $MgBr_2$ mit Na_2SO_4 stimuliert wurden.

Versuchsserie IV.

30 Minuten — keine Blastulae.
45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
60 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
75 Minuten einzelne schwimmende Blastulae.
90 Minuten — keine Blastulae.

Versuchsserie V.

30 Minuten — keine Blastulae.
45 Minuten — keine Blastulae.
60 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
75 Minuten — ca. 5 % schwimmende Blastulae.
90 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.

Versuchsserie VI.

30 Minuten — keine Blastulae.
45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
60 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.
90 Minuten — ca. 20 % schwimmende Blastulae.

Auch diese Versuchsserie zeigt, daß die Eier, die nach Stimulation mit einer Lösung von p_H 7,5 (Versuchserie V und VI) im Wasser von p_H 8,2 weiter kultiviert wurden, sich viel besser und in höherem Prozentsatz entwickelten als die Eier, welche ihre Entwicklung im Wasser von p_H 7,5 weiter durchmachten (Serie IV).

Diese Versuche zeigten außerdem, daß die Eier, welche ihre ganze Entwicklung (Serie VI) im Wasser von konst. p_H 8,2 durchmachten, einen höheren Prozentsatz von Blastulae aufweisen, als die Eier, welche infolge der Versuchsanordnung nur vorübergehend im Wasser von p_H 8,2 ihre Entwicklung durchmachen konnten.

Die Resultate der Entwicklung, nach vorangegangener Stimulation, werden aber bedeutend verbessert, wenn man außerdem noch dafür Sorge trägt, daß auch der p_H-Gehalt der Stimulationslösung selbst optimal für die betreffende Zellart eingestellt ist, wie dies aus den folgenden Versuchsserien zu ersehen ist:

c) Stimulationsversuche mit $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 8,2

Versuchsserie VII.

30 Minuten — keine Blastulae.
45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
60 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
Dasselbe Bild auch bei 75 Minuten.
90 Minuten — keine Blastulae.

Versuchsserie VIII.

30 Minuten — keine Blastulae.
45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.
60 Minuten — ca. 5 % schwimmende Blastulae.
75 Minuten wie bei 60 Minuten.
90 Minuten — keine Blastulae.

Versuchsserie IX.

30 Minuten — keine Blastulae.

45 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.

60 Minuten — ca. 30 % schwimmende Blastulae.

75 Minuten — die Zahl der schwimmenden Blastulae ist auf 50 % gestiegen — optimale Entwicklung.

90 Minuten — die Zahl der Blastulae auf 10 % herabgesunken.

Der Vergleich der Serien VII, VIII und IX untereinander ergibt, daß die beste Entwicklung die Eier der Serie IX zeigen, d. h. diejenigen Eier, welche nach der Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 8,2 weiterhin in Meerwasser mit konstantem p_H 8,2 kultiviert wurden: hier erreichten ca. 50% der Eier das Stadium schwimmender Blastulae. Dieselben Eier, nach derselben Stimulation zeigten bei nur vorübergehender, 2—3 Stunden langer, Kultivierung in Wasser mit p_H 8,2 nur ca. 5 % schwimmende Blastulae (Serie VIII) und bei Stimulation ebenfalls mit $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 8,2, aber bei nachträglicher Kultivierung in Meerwasser von p_H 7,5 nur einzelne schwimmende Blastulae.

Sehr lehrreich ist auch der Vergleich der Versuchsserien VII, VIII und IX mit den Versuchsserien I, II und III, die sich voneinander nur dadurch unterscheiden, daß die Versuchsserien I, II und III mit $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 7,5 und die Versuchsserien VII, VIII und IX ebenfalls mit $MgBr_2$ 100 ‰, aber von p_H 8,2 stimuliert wurden. Dieser Vergleich fällt unzweideutig zugunsten der Versuchsserien VII, VIII und IX aus, bei welch letzteren die Zahl der Eier, welche sich bis zu schwimmenden Blastulae entwickelt haben, bedeutend größer ist, als die der Serien I, II und III.

Dies beweist, daß es von großem Vorteil ist, nicht nur die Entwicklung der Eier im Wasser vom optimalen p_H-Gehalt vor sich gehen zu lassen, sondern, daß es von Bedeutung ist, auch den p_H-Gehalt der Stimulationslösung selbst optimal einzustellen.

Diese Schlußfolgerungen werden auch durch die Resultate der

d) Stimulationsversuche mit Na_2SO_4 p_H 8,2

in vollem Maße bestätigt.

Versuchsserie X.

30 und 45 Minuten — keine Blastulae.

60—75 Minuten — einzelne schwimmende unregelmäßige Blastulae.

90 Minuten — ca. 5 % schwimmende regelmäßige Blastulae.

Diese Resultate werden unverhältnismäßig besser bei Kultivierung der Eier im Wasser von optimalem p_H-Gehalt 8,2.

Versuchsserie XI.

30 Minuten — keine Blastulae.

45 Minuten — einzelne schwimmende Blastulae.

60 Minuten — ca. 5 % schwimmende Blastulae.

75—90 Minuten — die Zahl der schwimmenden Blastulae steigt auf 20 %.

Die Zahl der schwimmenden Blastulae wird aber noch weiter erhöht, wenn die Eier ihre ganze Entwicklung in Meerwasser von optimalem p_H-Gehalt 8,2 durchmachen, wie dies die

Versuchsserie XII

zeigt. 30 Minuten — keine Blastulae.

45 Minuten — viele schwimmende Blastulae.

60 Minuten — ca. 10 % schwimmende Blastulae.

75 Minuten — ca. 20 % schwimmende Blastulae.

90 Minuten — ca. 80 % regelmäßige, schwimmende Blastulae.

Diese Versuchsserie zeigt, wie wichtig es ist, mit einer Lösung von optimalem p_H-Gehalt zu stimulieren, und dann die weitere Entwicklung der Eier auch bei optimaler p_H-Einstellung des Kulturmediums vor sich gehen zu lassen.

Dies tritt besonders deutlich hervor, wenn man die Resultate der Versuchsserie XII (Stimulierung der Eier mit Na_2SO_4 p_H 8,2 und Kultivierung im Wasser von p_H 8,2) mit denjenigen der Versuchsserie VI (Stimulation mit Na_2SO_4 p_H 7,5 und dann Kultivierung in Wasser von p_H 8,2) vergleicht. Im ersten Fall ist die höchste Zahl der entwickelten Blastulae 80 % und im zweiten Fall ca. 40 % —, ein stark ausgesprochener Unterschied.

Diese Resultate werden noch augenfälliger, wenn man in Betracht zieht, daß die Eier, die zu den Versuchen dienten, bei Stimulation mit $MgBr_2$ 100 ‰ p_H 7,4 und bei nachträglicher Kultivierung in gewöhnlichem Neapler Meerwasser von p_H 7,4 — nur ca. 25 bis 30 % schwimmende Blastulae lieferten, anstatt 80—90 %, wie dies der Fall bei Eiern ist, welche den geeigneten Reifezustand aufweisen. In unserem Falle waren die angewandten Eier überreif.

Dieser niedrige Prozentsatz der Blastulae wird aber fast verdreifacht bei Stimulation der Eier mit Lösungen von optimalem p_H-Gehalt und bei nachträglichem Kultivieren in Wasser ebenfalls von optimalem p_H-Gehalt 8,2.

Besonders interessant bei den Versuchen ist auch der Verlauf der unbehandelten Kontrollen, die im Meerwasser von p_H 7,5 bzw. 8,2 verblieben, und zwar in diesem letzten Fall in doppelter Serie, von welcher die eine hermetisch, ohne Zurücklassen von Luftblasen, geschlossen war. In allen diesen drei Kulturen zeigten die Eier keine Veränderung, was darauf hindeutet, daß diese Konzen-

tration der H- bzw. OH-Ionen allein noch nicht ausreicht, um einen genügenden Anstoß für die anfängliche Entwicklung der Eier zu geben, daß aber, wie die vorhergehenden Versuche zeigten, der H-Ionen-Gehalt sehr günstig für die weitere Entwicklung der stimulierten Eier ist.

Wir haben hier also eine Wirkung der H- bzw. OH-Ionen vor uns, welche, im Grunde genommen eine schwache Stimulationswirkung darstellt, deren günstige Auswirkung bei der weiteren Entwicklung der stimulierten Eier sich kumuliert und in den Vordergrund tritt.

Am 19. IV., 12 Uhr mittags, wurden die hermetisch abgeschlossenen Uhrschälchen der Versuchsserien III, VI, IX und XII aufgemacht und dann in feuchten Petri-Kammern, wie alle anderen Versuche, weiter gezüchtet.

Am 20. IV., 2 Uhr nachm., waren die Blastulae schon zu Gastrulae, und am nächsten Tag zu jungen Plutei entwickelt. Damit wurde auch der Versuch beendet.

Diese Versuche bestätigen die schon früher bekannte Tatsache, daß es für jede Zellenart eine optimale Einstellung des p_H-Gehaltes, der H- und OH-Ionenkonzentration gibt, bei welcher die Lebensprozesse ihre vollste, optimale Entwicklung aufweisen.

Die Lebensprozesse entfalten sich am besten bei einer bestimmten, je nachdem sauren oder schwach alkalischen Reaktion, des umgebenden Mediums. Eine bestimmte H- bzw. OH-Ionenkonzentration wirkt wie ein schwaches Stimulans auf die Lebensprozesse, deren andauernde, sich kumulierende Wirkung zur günstigen Beeinflussung derselben führt.

3. Diese Untersuchungen, welche uns die große Bedeutung des p_H-Gehaltes des Kulturmediums für die Entfaltung der Lebensprozesse zeigen, sind imstande, auch unsere bisherigen Kenntnisse und Auffassungen über die Samenstimulation weiter zu vertiefen und zu präzisieren.

Nach Analogie mit den Versuchen an Seeigeleiern muß man auch bei der Samenstimulation annehmen, daß es für die Entwicklung der stimulierten Samen nicht belanglos ist, 1. mit welchen Stimulationslösungen sie stimuliert werden und welchen p_H-Gehalt dieselben besitzen und 2. welchen p_H-Gehalt der Boden aufweist, auf dem die stimulierten Samen ausgesät werden. Man muß deshalb, je nach der Pflanzensamenart, die optimale p_H-Einstellung sowohl der Stimulationslösungen als auch des Nährbodens (die bisherigen eingehenden diesbezüglichen Untersuchungen ausnützend) genau feststellen und bei der praktischen Versuchsanordnung nach Möglichkeit (was die Reaktion des Bodens anbetrifft) berücksichtigen.

4. Bei den bisherigen Versuchen über die Wirkungsweise der verschiedenen Stimulationsmittel haben wir für ein jedes Stimu-

lationsmittel die geeignete Konzentration und die optimale Zeit der Einwirkung festzustellen gesucht, bei welchen die Stimulationswirkung am günstigsten zum Vorschein kommt. Bei Feststellung dieser zwei wichtigen Komponenten haben wir die optimale Einstellung des p_H-Gehaltes der angewandten Lösungen außer acht gelassen. Wir haben die Lösungen ohne Korrigierung ihres p_H-Gehaltes angewandt und davon ausgehend die Komponenten-Konzentration und die Zeit der Einwirkung festzustellen versucht.

In der nachfolgenden Tabelle geben wir nun, um die verschiedenen Versuchsresultate miteinander vergleichen zu können, den p_H-Gehalt unserer bei den früheren Versuchen mit Seeigeleiern angewandten Stimulationslösungen in ihrer optimalen Stimulationskonzentration wieder:

KBr 25 ‰	7,35
KI 25 ‰	7,35
NaBr 50 ‰	7,4
$NaBrO_3$ 40 ‰	7,4
$KBrO_3$ 50 ‰	7,4
NaJ 60 ‰	7,4
$NaJO_3$ 25 ‰	7,4
NaFl 50 ‰	7
Na_2SO_4 80 ‰	7,4
Na_2SO_3 60 ‰	8,15
Na_2SO_4 70 ‰ + Na_2SO_3 10 ‰	7,65
$NaHSO_3$ 1 ‰	3
$NaNO_2$ 25 ‰	7,4
$NaNO_3$ 20 ‰ u. 40 ‰	7,4
KNO_3 60 ‰ u. 40 ‰	7,4
Kal. phosphat. 12 ‰	4,4
$MgBr_2$ 30, 60, 100 ‰	7,4
$MgBr_2$ 50 ‰ + $MgSO_4$ 50 ‰	7,4
MgBr 100 ‰ + NaJ 80 ‰ + KNO_3 60 ‰	7,4
$MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰	7,5
$Mn(NO_3)_2$ 90 ‰	< 2,6
$FeSO_4$ 3 ‰	< 2,6
$FeSO_4$ 0,2 ‰	3,9
Kal. permanganicum 0,005 ‰	4,2
CrO_3 0,25 ‰	4,1
H_2SO_4 1 ‰	< 2,6
Zincum acetatum 3 ‰	4,6
Kal. bichromicum 30 ‰	< 2,6
Eisenammoniakalaun 1 ‰	8,2
0,05 g Jod + 2 ccm Alkohol 96% (Stammlösung), davon 1 ‰ im Meerwasser	7,1
10 ccm Glyzerin + 0,1 g Jod in 2 ccm Alkohol 96% (Stammlösung), davon 5 ‰ im Meerwasser	7,2
0,0025 g Jod in 1 ccm Alkohol 96% + 10 ccm Glyzerin (Stammlösung) davon	
10 ‰ im Meerwasser	7,1
5 ‰ „ „	7,2
1 ‰ „ „	7,35
Äthylalkohol 200 ‰	7,4
3 Tropfen Äther in 2 ccm Meerwasser	7
Glyzerin 50 ‰	7,4
Ameisensäure 0,5 ‰	3,4
Weinsäure 50 ‰ u. 10 ‰	< 2,6
Apfelsaure 5 ‰	< 2,6
Milchsäure 5 ‰	< 2,6
Milchsäure 2 ‰	3,0
Gallussäure 1 ‰	4,3
Tannin 0,25 ‰	6,8
Chinaldin 0,5 ‰	7,4
20 ccm Meerwasser + 1 Tropfen Chinolin	7,4
Resorzin 0,5 ‰	4,6
Chinaldin 0,5 ‰ + Kal. permanganicum 0,001 ‰	7,1
Strichn. nitricum 0,1 ‰	7,4

Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, daß der p_H-Gehalt unserer Versuchslösungen sehr starke Schwankungen aufweist und vielfach von dem optimalen p_H-Gehalt derselben, wie wir im vorhergehenden festgestellt haben, bedeutend abweicht, was natürlich auch die Stimulationsresultate in starkem Maße beeinflußt.

Steigerung der kolloidalen Quellung durch Stimulationsmittel

Verjüngungsversuche

In einer Arbeit, zusammen mit K. Seisoff[1]), haben wir durch eingehende Experimente mit kolloidalen Substanzen den Beweis erbracht, daß die Stimulationsmittel die Eigenschaft haben, den Quellungszustand der kolloidalen Substanz optimal zu beeinflussen und dadurch die günstigsten Bedingungen für die integralen chemischen Prozesse in der lebenden Substanz herbeizuführen. Diese Untersuchungen haben ferner gezeigt, daß die Herbeiführung des optimalen Quellungszustandes von einer bestimmten Konzentration des Stimulationsmittels abhängt. Unter und über dieser optimalen Wirkungsstärke befinden sich die Quellungserscheinungen in einer auf- bzw. absteigenden Phase, und folglich finden wir in der auf- und absteigenden Kurve der kolloidalen Umänderungen, die hier schon oft hervorgehobenen drei Phasen der Wirkung eines jeden Stimulationsmittels — die Phase der angehenden Stimulation, die der optimalen Stimulation und die Phase der Überstimulation. Diese Grundeigenschaft der Stimulationsmittel, bei geeigneter Konzentration und Zeit der Einwirkung, die Quellbarkeit der Kolloide optimal zu beeinflussen, kann als Ausgangspunkt für die Betrachtung des Problems des Alterns und der Möglichkeit, die darniederliegenden Lebensvorgänge wieder zu beschleunigen und zu heben, dienen. In der Tat ist wie jede kolloidale Substanz so auch die lebende Materie mit der Zeit aus rein inneren Ursachen Entquellungsprozessen ausgesetzt (Bechhold). Der Gehalt an Lösungswasser ist aber von außerordentlich großer Bedeutung für die Lebensprozesse; dieselben werden in dem Maße vermindert, als die Entquellung der lebenden Materie fortschreitet, und wenn die Entquellung eine gewisse Grenze überschritten hat, so hören auch die Lebensprozesse auf, die Lebenserscheinungen treten in den Zustand von vita minima ein.

Ein Beispiel für diesen letzten Fall sind die Pflanzensamen, welche infolge der starken Entquellung so lange im Zustand der vita minima verharren, bis ihnen durch nachträgliche Wasseraufnahme die Möglichkeit zu aktivem Leben gegeben wird. Es ist auch bekannt, daß der menschliche Embryo im dritten Monat des intrauterinen Lebens 94 % Wasser enthält; schon bei der Geburt enthalten die Zellen des Kindes aber, durchschnittlich genommen, nur 66—68 % Wasser, um bei dem erwachsenen Menschen durchschnittlich auf 58 % herabzusinken. Die runden Formen des Kindes werden durch die fortschreitende Entquellung, welche eines der Hauptmerkmale des Alterns des Organismus ist, durch die runzeligen, schlaffen Körperformen des alternden Menschen ersetzt. Dieselben Erscheinungen von organischer Entquellung sind auch im Pflanzenreich zu

[1]) M. Popoff und K. Seisoff: Über die Steigerung der kolloidalen Quellung durch chemische Stimulationsmittel. Biochem. Zeitschr., Bd. 156, Februar 1925.

beobachten. Die frischen wasserreichen Zellen der jungen Pflanzen werden mit der Zeit, mit dem Herannahen des physiologischen Lebensendes der Pflanzen, wasserärmer. Das Plasma, die lebende Substanz verliert mit dem Altern die Fähigkeit, die ursprüngliche Wassermenge zu binden und zu behalten, und ist nicht mehr imstande, die durch Entquellung verloren gegangene Wassermenge auch unter den günstigsten Bedingungen wieder auszugleichen.

Die Herabsetzung der Lebensfunktionen geht Hand in Hand mit der Entquellung der lebenden Substanz.

Die Feststellung dieser Tatsache ist von grundlegender Bedeutung für die Frage des physiologischen Alterns. Gleichzeitig löst dieser Tatbestand die Frage aus, ob es nicht möglich sein würde, durch irgendwelche äußeren Eingriffe diesen scheinbar irreversibel ablaufenden Prozeß aufzuhalten, die verlorengehende Fähigkeit der lebenden Materie zu quellen, wieder zu erhöhen und folglich auch den Lebenserscheinungen einen neuen energischen Anstoß zu verleihen.

Also steht die Erforschung der Bedingungen, welche die Quellungsfähigkeit der kolloiden Substanz beherrschen, im Mittelpunkt der Frage der Hebung der Lebensfunktionen und folglich auch der Frage nach der Möglichkeit, die Alterserscheinungen zeitlich zu unterbrechen und die Lebensprozesse des alternden Individuums zu heben.

Von dieser Fragestellung ausgehend, habe ich zusammen mit meinen Mitarbeitern, P a s p a l e f f und D o b r e f f, vor der Untersuchung an höheren Tieren versucht, einige orientierende Daten bei niederen Tieren zu erhalten, und zwar verwendeten wir zu diesem Zweck hauptsächlich aus überreifen Eiern gezüchtete Plutei. Je nach der Überreife der Eier zeigen solche Plutei eine ganz geschrumpfte Gestalt; sie sehen nicht wie die normalen Plutei prall gefüllt aus, sondern zeigen einen senilen Habitus. Die Überreife verändert den kolloidal-chemischen Zustand der Eier von Grund aus und vermindert ihre Quellungsfähigkeit. Es war deshalb von Interesse, zu versuchen, die Quellungsfähigkeit der Zellen dieser senilen, gealtert aussehenden Plutei durch Stimulation zu heben, um ihnen wieder ein jugendliches Aussehen, charakterisiert durch die Turgeszenz der Zellen, zu geben.

Nachfolgend gebe ich einige Protokolle dieser Versuche wieder[1]).

---

[1]) Die angewandte Technik war folgende: Die Versuche mit den Plutei (oder, je nachdem, mit anderen Entwicklungsstadien von Seeigeleiern) wurden in kleinen ca. 15 cm langen und ½ cm breiten Röhrchen vorgenommen, von denen ein Ende mit feiner Müllergaze verschlossen war, durch welche die Plutei nicht passieren konnten. Alle Röhrchen wurden zur Behandlung in ein Glas mit der betreffenden Stimulationslösung getan und dann, nach abgelaufener Zeit, der Reihe nach herausgenommen und in Gläsern mit reinem Seewasser gründlich ein paarmal ausgewaschen und in Uhrschälchen mit Seewasser übertragen. Als Kontrolle dienten Plutei, die nur in Seewasser ausgewaschen waren.

Am 20. April 1926, mittags, wurde ein Versuch mit noch nicht ganz ausgebildeten Plutei, erhalten von Eiern, die zwei Tage nach der Eiablage befruchtet worden waren, angestellt. Infolge dieser zu späten Befruchtung haben sich nicht alle Eier entwickelt und ca. 30 % von den entwickelten haben unregelmäßige, anormale Plutei ergeben. Bei Beginn des Versuches hatten die Plutei die Form eines Dreimasterhutes mit den ersten Anlagen von Auswüchsen; die meisten Plutei waren stark geschrumpft und dunkel aussehend.

Diese Plutei wurden mit Lösungen von $MgBr_2$ 20 ‰, 40 ‰ und 60 ‰, und zwar 5, 10, 15, 20, 25 und 30 Minuten lang behandelt.

Am 20. April, 4 Uhr nachm. Alle Plutei am Leben. Am besten sehen diejenigen aus, welche mit $MgBr_2$ 20 ‰ 15—20 Minuten lang behandelt wurden. Die Schrumpfung ist nicht mehr so stark wie bei den Kontrollplutei. Am 21. April, mittags, wurde die Behandlung nochmals wiederholt. Am 22. April, 10 Uhr vormittags, unbedingte Besserung des Zustandes der Plutei, besonders nach Behandlung mit $MgBr_2$ 20 ‰ 5—15 Minuten; auch bei 20—30 Minuten sehen die Plutei besser aus als die Kontrollen (drei an Zahl).

Bei der Behandlung mit höheren Konzentrationen ist keine Schädigung eingetreten, aber ein besonders auffälliger Unterschied im Verhalten der Plutei ist nicht zu beobachten.

Dieser Versuch zeigt, daß wir imstande sind, durch günstige Einwirkung von Stimulationsmitteln die Alterserscheinungen, soweit sie sich in der äußeren Schrumpfung der Körperform zeigen, aufzuheben und den Zellen den prallen Turgeszenzzustand wiederzugeben, den sie als junge Embryonalzellen haben müßten. Am 23. April — die erlangten Unterschiede bleiben bestehen. Auch die mit $MgBr_2$ 40 ‰ 25—30 Minuten behandelten Plutei sind sichtlich besser als die Kontrollen.

Am 22. April, 3 Uhr nachm., wurde ein anderer Versuch mit $MgBr_2$, und zwar mit Lösungen von 5, 10, 20, 30 und 80 ‰ und bei Behandlungszeiten von 5, 10, 15, 20, 30 und 40 Minuten mit ganz geschrumpften ausgewachsenen Plutei, erhalten aus Eiern, die am 17. April, 8 Uhr nachm., gelegt und am 19. April, 6 Uhr abends, d. h. nach 46 Stunden, befruchtet worden waren, angesetzt. Drei unbehandelte Kontrollen.

Am 23. April, 2 Uhr nachm., war der Zustand des Versuches folgender:

Bei 5 ‰ aller Behandlungszeiten sind noch keine sicheren Unterschiede von den Kontrollen zu beobachten.

Bei 10 ‰, bei 20 und 30 Minuten machen die Plutei einen merklich besseren Eindruck als die Kontrollen: man sieht viel mehr gespannte Plutei.

Bei 20 ‰ 20 Minuten machen die Plutei einen entschieden besseren Eindruck als die Kontrollen; bei den anderen Behandlungszeiten ist der Unterschied geringer und verschwommen.

Bei 30 ‰ und 80 ‰ sind keine ausgeprägten Unterschiede zu beobachten.

Ähnlich fielen auch einige andere Versuche mit $MgBr_2$ aus.

* * *

Bessere Resultate als das $MgBr_2$ ergab die Behandlung mit Na_2SO_4, wie dies aus dem folgenden Protokoll zu entnehmen ist. Die für den Versuch verwendeten geschrumpften Plutei stammten aus derselben Zucht wie diejenigen vom vorhergehenden Versuch. Die Na_2SO_4-Lösung wurde in Konzentrationen von 10, 20, 30 und 40 ‰ (die optimale Stimulationskonzentration ist 80 ‰ — 40 bis 60 Minuten) und bei Behandlungszeiten von 10, 20, 30, 40, 50 und 60 Minuten angewandt. Drei Kontrollen.

Am 23. April, 10 Uhr vorm. Bei 40 ‰, bei 10 und besonders bei 20 Minuten sind die Plutei fast ganz normal geworden, glatt, gespannt, mit vollen Formen.

Bei 30 ‰, 50 Minuten sind viele ganz normal aussehende Plutei, bei 10—40 Minuten ist dagegen die Wirkung noch ungenügend. Besser als die Kontrolle sind auch die Plutei, die 60 Minuten behandelt wurden.

Bei 20 ‰, 10 und 20 Minuten ist keine besondere Wirkung zu beobachten; bei 30 Minuten sehen die Plutei besser aus als die der Kontrolle; bei 40 Minuten sind viele ganz straff gespannte Plutei: es ist augenfällig ein Unterschied von den Kontrollplutei. Fast derselbe Zustand wie bei 40 Minuten ist auch bei 50 und 60 Minuten.

Bei 10 ‰ ist nur bei 50 und 60 Minuten eine Besserung im Aussehen der Plutei wahrzunehmen.

Dieselben auffallenden Unterschiede sind auch am 24. April erhalten geblieben. Der Versuch unterbrochen.

Aus diesem Versuch ist zu entnehmen, daß die Na_2SO_4-Lösung eine deutlich ausgeprägte Wirkung auf die Erhöhung der Turgeszenz der Zellen ausübt.

* * *

Eine sehr günstige Wirkung nach dieser Richtung zeigte auch eine 20 ‰ Kal.-Nitrat-Lösung, wie dies aus dem folgenden Protokoll zu entnehmen ist.

Am 20. April wurde ein Versuch mit ganz geschrumpften Plutei angesetzt, bei Behandlungszeiten von ½, 1, 1½, 2, 2½, 3 und 3½ Stunden. Die Behandlung um 5 Uhr nachm. beendet.

Am 21. April, 11 Uhr vorm., war das Resultat wie folgt: Die Kontrollplutei sehen etwas besser als bei Anstellung des Versuches aus, sind aber noch deutlich geschrumpft.

Bei 30 Minuten sind die Plutei etwas besser als bei der Kontrolle.

Bei 1 Stunde. Die meisten Plutei mit prallen Formen; auffallend besser als die Kontrolle.

Bei 1½ Stunde fast wie bei der Kontrolle, und bei 2—3½ Stunden sind die Plutei geschrumpfter als vor der Behandlung.

Nach Erreichung dieser Resultate haben wir versucht, festzustellen, ob es bei Einwirkung mit Stimulationsmitteln auf überreife Eier selbst möglich wäre, den Kolloidalzustand derselben so umzuändern, daß wir dadurch auch eine Beeinflussung der aus denselben sich entwickelnden Embryonen herbeiführen könnten; dieses war zu erwarten und wurde auch von den Versuchresultaten bestätigt.

Die Eier waren am 30. April, 2 Uhr nachm., als schon überreife Eier gelegt, was u. a. daraus zu ersehen war, daß 15% derselben beim Zusatz von Spermien unbefruchtet blieben. Verschiedene Partien dieser Eier wurden mit NaBr-Lösung 5 ‰, 10 ‰ und 20 ‰[1]) 15, 30, 60 und 90 Minuten lang behandelt. Hiernach wurden die Eier von den drei Konzentrationsserien um 6.45 Uhr nachm. gleichzeitig mit drei dazugehörigen unbehandelten Kontrollen normal befruchtet.

Am 1. Mai, 9 Uhr vorm. In den Kontrollen waren, wie gesagt, 15 % der Eier unbefruchtet geblieben, die übrigen haben sich schon bis zu Blastulae entwickelt, aber nur ca. 10 % davon sind von regelmäßiger Form, die anderen sind geschrumpft.

Bei den Eiern, welche mit NaBr 10 ‰ 15 und 30 Minuten lang behandelt wurden, ist der Zustand der Blastulae vom ersten Blick an besser als bei den Kontrollen. Hier sind ca. 30—35 % ganz gespannte, runde, nicht gerunzelte Blastulae vorhanden.

Bei den anderen Lösungskonzentrationen und bei allen anderen Behandlungszeiten ist der Zustand der Blastulae kaum von dem der Kontrollen zu unterscheiden. Eine Besserung ist aber darin zu ersehen, daß bei allen behandelten Eiern nur wenige (ca. 2—3 %) unbefruchtet geblieben sind.

Alle geschrumpften Blastulae, die von behandelten Eiern stammten, mit Ausnahme derjenigen mit NaBr 10 ‰, 15 und 30 Minuten behandelten, wurden zusammengetan, und von dieser Ausgangskultur, unter Beibehaltung von 2 Kontrollen, 2 neue Versuchsserien angesetzt, und zwar nach Behandlung mit NaBr 10 ‰ — 5, 10, 20 und 30 Minuten und mit NaBr 15 ‰ ebenfalls 5, 10, 20 und 30 Minuten. Der Versuch wurde am 1. Mai um 11.45 Uhr beendet.

Um 4 Uhr nachm. sind schon alle Blastulae in Gastrulation. Die Kontrollgastrulae sind geschrumpft wie am Vormittag.

Diejenigen aber, welche 20 Minuten mit NaBr 10 ‰ bzw. 15 ‰ behandelt worden waren, zeigen zur Hälfte gespannte, regelmäßig abgerundete Gastrulae; die übrigen Gastrulae sind geschrumpft, machen aber einen etwas besseren Eindruck als die Kontrollen. Be-

[1]) Seeigeleier, die mit NaBr-Lösung 30—50‰ 30—50 Min. oder mit KNO_3-Lösung 40‰ 110 Min. lang behandelt werden, entwickeln sich bis Plutei.

deutend besser als die Kontrollen sind auch die Gastrulae, welche im Blastulastadium mit NaBr 15 ‰, 10 und 30 Minuten behandelt worden waren.

Am 3. Mai zeigten die ausgebildeten Plutei, die von den 20 Minuten mit NaBr 15 ‰ behandelten Blastulae stammten, regelmäßigere und praller gefüllte Formen als die Kontrollplutei, die in der Mehrzahl geschrumpft sind.

Um 3 Uhr nachm. wurde nur ein Teil der geschrumpften Kontrollplutei mit einer Lösung von $MgBr_2$ 10 ‰, 15 und 30 Minuten lang behandelt. Um 8 Uhr abends machten schon die behandelten Plutei, besonders die von 30 Minuten, was die Prallfüllung der äußeren Formen anbelangt, einen günstigeren Eindruck: sie sind straffer gespannt, sehen heller aus und zeigen lebhaftere Bewegungen als die unbehandelt gebliebenen Plutei.

Die ganze hier angeführte Versuchsfolge erhellt die Möglichkeit, durch geeignete Beeinflussung von gealterten Eiern oder von aus ihnen entstandenen Embryonen, die gesunkene Quellungsfähigkeit des Protoplasmas wieder zu heben und dadurch auch eine allgemeine Hebung der Lebensfunktionen herbeizuführen; denn parallel mit der optimalen Verbesserung des Quellungsgrades der lebenden Substanz geht auch die globale Hebung des chemischen Metabolismus der Zelle einher.

Stimulationsversuche mit Hefe- und Reisvitaminextrakten

In eingehenden, später zu besprechenden Versuchen haben wir beweisen können, daß es möglich ist, schwer auftretende avitaminose Erscheinungen bei Tauben durch Injektionen von Stimulationsmitteln, in unserem Fall von $MgBr_2$, aufzuheben und die Tauben zu heilen, und zwar so, als ob wir sie mit dem entsprechenden Vitaminepräparat behandelt hätten.

Die Versuche zeigten somit, daß es möglich ist, die Wirkung der Vitamine vom Zellstimulationsstandpunkt aus zu betrachten, und dadurch neue Ausblicke für die weitere Forschung zu gewinnen.

Nach diesen positiven Feststellungen, nämlich daß Stimulationsmittel die Rolle von Vitaminen spielen können, war es von großem Interesse, auch den Gegenbeweis zu führen, d. h. daß vitaminhaltige Extrakte in richtiger Konzentration und Zeit der Einwirkung angewandt, sich ihrerseits vollkommen wie Zellstimulationsmittel verhalten werden und folglich imstande sein müssen, wie dies alle bis jetzt von uns geprüften Zellstimulationsmittel es tun, auch die unbefruchteten reifen Seeigeleier zur Teilung und Entwicklung anzuregen.

Nachstehend will ich einen kurzen Auszug aus den Versuchsprotokollen wiedergeben, welche die Richtigkeit der obigen These beweisen. (Die Versuche, ausgeführt, zusammen mit P a s p a l e f f und D o b r e f f.)

Versuche mit Hefe-Extrakten

5. Mai 1926. 10 g Preßhefe wurde durch Zusatz von Meerwasser 1 Stunde lang gründlich im Porzellanmörser zerrieben, dann das Wasser auf ca. 100 ccm aufgefüllt, der Hefebrei ca. 1 Stunde durch weiteres Umrühren ausgezogen und dann filtriert. Das Filtrat wurde für Stimulationszwecke verwendet, und zwar

1. in unverdünntem Zustand;
2. ½ Extrakt + ½ Meerwasser und
3. ⅓ Extrakt + ⅔ Meerwasser.

Für die Versuche wurden reife Seeigeleier genommen, welche an demselben Tag (5. V., mittags) gelegt worden waren und im Vorversuch mit $MgBr_2$ 100 ‰ — 45—90 Minuten — regelmäßige Teilungen und Entwickelung bis Blastulae und Plutei zeigten.

In den Extrakten wurden die Eier 1, 2, 3, 4, 5 bzw. 6 Stunden lang behandelt.

Um 8 Uhr abends (5. V.) und 8 Uhr morgens (6. V.) nirgends eine Veränderung, die Eier unbeeinflußt, genau wie bei den Kontrollen.

Deshalb wurde am 5. V., 7 Uhr abends, je eine Portion von denselben Eiern bis 9 Uhr morgens am nächsten Tag, d. h. 16 Stunden lang stehen gelassen. Nach dieser Behandlungszeit war das Resultat folgendes:

Extrakt 1, ca. 10 % der Eier in normalen 2-Zellenstadien und einige nicht ganz regelmäßige 4-Zellenstadien; fast alle anderen Eier mit großem zentral gelegenem Kern, oder mit geteiltem Kern.

Extrakt 2, einige normale 2-Zellenstadien; die übrigen Eier mit großem oder geteiltem Kern.

Extrakt 3, keine Teilungsstadien; mehrere Eier mit zentral gelegenem, vergrößertem Kern, die übrigen unverändert.

Um 6 Uhr abends. Die Entwicklung nicht weiter gegangen.

Die Kontrolleier in reinem Meerwasser unverändert.

Diese Versuchsserie zeigt schon, daß der Extrakt von Hefe stimulierend auf die Eier wirkt, und zwar äußert sich diese Stimulation nicht nur in einer Bewegung des Kernes nach dem Eizentrum hin, sondern auch in regelmäßigen Zwei- und Vierteilungen der Eier selbst.

Aus dem Verlauf des Versuches ist zu entnehmen, daß die angewandten Extrakte ziemlich schwach waren. Deshalb wurde für die folgenden Versuche ein Extrakt von 20 g Hefe in 100 ccm Meerwasser, auf die oben angegebene Weise zubereitet; an jedem Versuchstag wurden frische Extrakte verwendet.

Der am 6. Mai zubereitete Extrakt wurde angewandt:

1. als unverdünnter Extrakt und
2. zu ¾ Extrakt und ¼ Meerwasser.

Die Eier für diese zwei Versuchsserien waren am 6. Mai vorm. ge-

legt worden und ergaben beim Vorversuch mit $MgBr_2$ 100 ‰ bewegliche Blastulae, die sich später bis zu Plutei entwickelten.

Die Eier wurden mit den Extrakten 1, 2, 3, 3½, 4, 4½ bzw. 5 Stunden lang behandelt.

Der Versuch wurde um 8 Uhr abends beendet.

Schon um diese Zeit zeigten die Eier in beiden Versuchsserien, bei den Behandlungen 1, 2 und 3 Stunden, vergrößerte und zentralgewanderte Kerne. Hie und da waren sogar Eier mit geteiltem Kern zu sehen.

Um 10 Uhr abends an demselben Tag war das Bild folgendes:

Extrakt 1.

1 Stunde 5—10 % regelmäßige 2-Zellenstadien; 50 % der Eier mit 2—3 Kernen; die Hälfte der übrigen Eier hat vergrößerte, zentralgelegene Kerne, die andere Hälfte ist unverändert geblieben.

2 Stunden 5—10 % regelmäßige 2-Zellenstadien; vereinzelte 4-Zellenstadien, unregelmäßig; alle übrigen Eier mit vergrößertem zentralen Kern oder mit 2—5 Tochterkernen.

3 Stunden ca. 50 % der Eier geteilt, davon ca. 40 % regelmäßige 2-Zellenstadien und die übrigen 3- oder 4-Zellenstadien, darunter einige ganz regelmäßige; die übrigen Eier mit geteiltem oder zentralgewandertem vergrößerten Kern.

3½ Stunden ca. 50 % der Eier geteilt, davon 40 % regelmäßige 2-Zellenstadien; die anderen unregelmäßige 3- bis 8-Zellenstadien; sonst wie bei 3 Stunden.

4 Stunden 75 % der Eier geteilt, davon 50 % normale 2-Zellenstadien; 25 % unregelmäßige 3- bis 8-Zellenstadien, darunter auch einige regelmäßige; sonst wie bei 3 Stunden.

4½ Stunden 90 % der Eier geteilt, davon ca. 60 % normale 2-Zellenstadien, die anderen 30 % sind 3- bis 8-Zellenstadien, von denen nur ca. 5 % regelmäßige; sonst wie bei 3 Stunden.

5 Stunden ca. 75 % der Eier geteilt, davon ca. 25 % regelmäßige 2-Zellenstadien, die übrigen 3- bis 8-Zellenstadien aber fast alle unregelmäßig; sonst wie bei 3 Stunden.

Extrakt 2.

1 Stunde 5 % regelmäßige 2-Zellenstadien; ca. 25 % zweikernige Eier, die übrigen mit unverändertem oder mit vergrößertem Kern.

2 Stunden 5 % regelmäßige 2-Zellenstadien; 10 % mit vergrößertem Kern; die übrigen mit geteiltem Kern.

3 Stunden 20 % regelmäßige 2-Zellenstadien und unregelmäßige 3- bis 8-Zellenstadien; die übrigen wie bei 2 Stunden.

3½ Stunden 30—35 % Teilungen wie bei 3 Stunden; sonst wie bei 2 Stunden.

4 Stunden 50 % Teilungen wie bei 3 Stunden; sonst wie bei 2 Stunden.

4½ Stunden 75 % Teilungen, davon die meisten 3- bis 8-Zellenstadien, die überwiegende Zahl davon unregelmäßig; die übrigen Eier mit vergrößertem Kern oder 2 bis 4 Kernen.

5 Stunden wie bei 4½ Stunden, nur daß hier ca. 80 % der Eier geteilt sind.

Bei keinem der Versuche ging die Entwicklung bis zu Morulae bzw. Blastulae vor sich. Die Versuche, die vielfach wiederholt wurden, zeigten aber schon sehr deutlich die stimulierende Wirkung der Hefe-Vitaminextrakte.

Versuche mit Extrakten von Reiskleie

Für die Gewinnung dieser Extrakte haben wir folgenden Weg eingeschlagen: 5 g Reiskleie wurde unter Zusetzung von destilliertem Wasser, das allmählich bis auf 50 ccm aufgefüllt wurde, im Porzellanmörser eine Stunde lang tüchtig zerrieben, dann 2 Stunden zur weiteren Extraktion stehen gelassen, 30 Minuten stark zentrifugiert, die Flüssigkeit in eine große Petrischale eingegossen und bei 45 ° C verdampfen gelassen. Nach der Verdampfung, ca. nach 4 Stunden, bleibt am Boden der Petrischale eine dünne bläuliche Haut, welche in 5 ccm Meerwasser aufgenommen wird, so daß 1 ccm Meerwasser den Extraktionsstoff von 1 g Kleie enthält.

Viele orientierenden Versuche haben gezeigt, daß der unverdünnte Extrakt zu stark ist, und daß die Eier, welche darin die ersten Veränderungen der Kerne durchmachen, sehr bald die Entwicklung unterbrechen und absterben. Auch die Verdünnungen zur Hälfte Extrakt und zur Hälfte Meerwasser, oder zu ⅓ Extrakt und ⅔ Meerwasser haben sich noch als ungeeignet erwiesen. Nach 30 Minuten Behandlung zeigten die Eier ein Aufleben der Teilungstätigkeit, der Kern vergrößerte sich, wanderte nach dem Zentrum des Eies, bildete sich ins Monasterstadium um, welches hie und da zur Teilung führte. Hier wurde aber die Entwicklung unterbrochen. Deshalb gingen wir zu stärkeren Verdünnungen des Extraktes über.

Am 15. VII. 1926, 7 Uhr nachm., wurde folgender Versuch angelegt:

I. 1 ccm Extrakt + 4 ccm Meerwasser,
II. 1 ccm Extrakt + 9 ccm Meerwasser.

Behandlungszeit 20, 30, 45, 60, 75, 90 Minuten.

Am 16. VII., vorm. Bei I, 10, 20 und 30 Minuten. Ein Teil der Eier mit zentralem vergrößerten Kern, vielfach im Monasterstadium; es gibt auch Eier mit vielen Kernen.

Bei 40—60 Minuten die Eier abgestorben.

Bei II, 30 und 40 Minuten. Viele Eier mit zentralem vergrößerten Kern, viele Eier mit zwei oder mehreren Kernen. Mehrere regelmäßige 2-, 3- oder 4-Zellenstadien, deren

Kerne sich zum Teil vor einer neuen Teilung befinden (Monasterstadium).

Bei II, 50 und 60 Minuten die meisten Eier abgestorben.

Die Versuche mit Reiskleie wurden noch einige Male wiederholt, ohne aber, daß es uns glückte, über das 4-Zellenstadium oder über einige unregelmäßige Mehrzellenstadien hinauszukommen.

Die hier besprochenen Versuche zeigen aber schon, daß die Extrakte von Hefe und Reiskleie, welche, wie bekannt, stark vitaminhaltig sind, imstande sind, bei richtig gewählter Konzentration und bei optimaler Zeit der Behandlung, die Seeigeleier zur Entwicklung anzuregen, und zwar äußert sich die Anregung nicht nur in einer Teilung des Kernes, sondern auch in ganz regelmäßigen Zellteilungen, welche zur Bildung von 2-, 4- und 8-Zellenstadien führen. Nach unseren bisherigen mannigfachen Erfahrungen über die Wirkungsweise der verschiedensten chemischen Stimulationsmittel unterliegt es keinem Zweifel, daß es uns bei weiterer Verfolgung und genauerer Ausarbeitung der Versuche mit Hefe und Reisextrakten gelingen wird, die Entwicklung der Seeigeleier auch über die erreichten Zellteilungsstadien hinaus bis Blastulae und Plutei zu bringen. Dies ist nur noch eine Frage der Technik.

Die hier mitgeteilten Resultate beweisen aber auch in ihrer jetzigen Form, daß die hefe- und reisvitaminhaltigen Extrakte als allgemeine Zellstimulantien wirken.

Stimulationsversuche mit inneren Sekreten

Im theoretischen Teil habe ich darauf hingewiesen, daß die inneren Sekrete, die Hormone, in ihrer Wirkungsweise auch vom Stimulationsstandpunkt betrachtet werden können, nämlich als spezifisch dosierte und sehr fein elektiv angepaßte Zellstimulationsmittel, welche die Fähigkeit haben, die chemischen Prozesse bestimmter Zellkomplexe des Organismus bzw. der gesamten Körperzellen zu fördern und zu heben. Daß die Möglichkeit solch einer Betrachtungsweise gegeben ist, beweisen die Resultate der orientierenden Versuche, welche wir mit Extrakten von Adrenalin und Insulin an Seeigeleiern vorgenommen haben.

Versuche mit Adrenalin

Von den Extraktionslösungen, wie sie von Höchst geliefert werden, wurden verschiedene Lösungskonzentrationen in Meerwasser geprüft. Hier geben wir die durch die Lösungen 25 % und 30 % (die Lösung der Originalampulle als 100 gesetzt) erzielten Resultate wieder.

Lösung 25 %-Behandlung 1, 1½, 2, 2½, 3, 4 Minuten (Versuch vom 31. Oktober 1925, 12 Uhr mittags). Bei 1 Minute ca. 10 % der Eier in 2-Zellenstadien, die meisten davon nicht regelmäßig.

Bei 1½ Minute ca. 30—40 % der Eier mit Membranbildung und in 2 geteilt; ca. ⅓ der Teilungen regelmäßig, viele Eier mit zentralem, vergrößertem Kern, die übrigen unverändert.

Bei 2, 2½ und 3 Minuten ca. 80 % der Eier mit Membran und in 2-Teilung, die Hälfte davon regelmäßig.

Bei 4 Minuten ca. 5 % der Eier mit vergrößertem zentralgelegenen Kern, die übrigen in Teilung, 2- und 4-Zellenstadien, davon ca. ¼ regelmäßig.

Die normal befruchtete Kontrolle zeigt schon junge Blastulae.

Am 1. XI., 10 Uhr vorm. Die Entwicklung nicht weiter gegangen, alle geteilten Eier abgestorben und zum Teil schon zerfallen.

Lösung 30 %, Behandlung ½, 1, 1½, 2, 2½, 3 und 4 Minuten (Versuch vom 2. XI. 1925, 1 Uhr nachm.).

Um 8 Uhr abends. Bei ½ Minute ca. 5 % der Eier unbeeinflußt und 5 % zerfallen; die übrigen in Teilung, 2- und 4-Zellenstadien, meistens unregelmäßig.

Bei 1 Minute fast alle Eier mit Membran und in Teilung (2 und 4 Zellen), die meisten aber schon im Begriff zu zerfallen. Bei 1½ und 2 Minuten ca. 80 % der Eier in 2- und 4-Zellenstadien, davon die Hälfte schon im Zerfall begriffen.

Bei 2½ Minuten ca. 60 % der Eier abgestorben, die übrigen in Teilung, meistens unregelmäßig. Bei 3 Minuten einige unregelmäßige 2-Zellenstadien mit Membran; die übrigen Eier abgestorben. Bei 4 und 5 Minuten alle Eier abgestorben.

Auch bei diesem Versuch ist die Entwicklung nicht über das 2- und 4-Zellenstadium hinausgekommen.

Versuche mit Insulin

Zellteilungsstadien ergab die Konzentration 0,25 %, der Originalextrakt Merck als 100 % angenommen. Versuch vom 24. IX. 1925, 6 Uhr nachm. Behandlungszeiten 5, 10, 15 und 20 Minuten.

Am 25. IX., 11 Uhr vorm. Bei 5 und 10 Minuten keine Beeinflussung; bei 15 Minuten mehrere gute und regelmäßige Zellteilungen, 2- und 4-Zellenstadien. Am nächsten Tage sind die Zellteilungen erhalten geblieben, aber nicht weiter fortgeschritten.

Aus den vorstehenden Versuchen ist zu entnehmen, daß die nachgeprüften inneren Sekrete eine Stimulationswirkung ausüben. Diese Wirkung haben sie auch auf die Zellen des betreffenden Organismus. Nur scheint es, daß die stimulierende Wirkung der inneren Sekrete auf eine besonders streng spezifische Weise an einige Zellen des Organismus biologisch angepaßt ist, genau so wie z. B. die Stimulationssubstanzen der männlichen Geschlechtszellen in ihrer optimalen Wirkungsdosis an die weiblichen Geschlechtszellen derselben Art angepaßt sind. Dies schließt natürlich nicht aus, daß bei experimenteller Dosierung der inneren Sekrete wir imstande sein werden, auch andere Zellen zu stimulieren. Zu dieser

Annahme zwingt uns unter anderem auch die Konstatierung, daß in der Zusammensetzung mancher inneren Sekrete chemische Verbindungen vorhanden sind, die schon durch frühere Versuche von mir u. a. als Stimulationsverbindungen erkannt sind, so die Jodverbindungen in der Schilddrüse, wie auch die Verbindungen aus der Eisengruppe (Kobalt- und Nickelverbindungen) im Insulinextrakt[1]).

D. Stimulationsversuche an Hefe

Da die Fermentfähigkeit der verschiedenen Hefearten in Zusammenhang mit der Aktivität ihrer Lebensfunktionen steht, so wird es klar, von welch großer Bedeutung die rationelle Anwendung von Stimulationsmitteln für die ganze Gärungsindustrie werden kann.

Die von mir im Jahre 1924 nach dieser Richtung unternommenen Versuche, welche nicht zu Ende geführt werden konnten, haben eine stimulierende Wirkung des KJ und KBr — bei den Fermentationsprozessen von Bierhefen nachweisen können.

Es gilt dabei diejenigen stimulierenden Konzentrationen der Stimulationsagentien festzustellen, welche für die betreffende Hefeart am besten angepaßt sind. Manche Versuche, die nach dieser Richtung mit Stimulationsmitteln, z. B. mit Mn, angestellt worden sind, weisen auf eine große Verschiedenheit im Verhalten verschiedener Hefearten auf dieselben Mangankonzentrationen hin, wobei man feststellen konnte[2]), daß auch bei den Fermentationsprozessen die Wirkung des Mangans, wie diejenige jedes Stimulantes, je nach dem Konzentrationsgrad sich in eine inaktive, stimulierende und hemmende Phase abstuft.

Viele Angaben über die Beeinflußbarkeit der Hefegärung durch chemische und physikalische Einwirkungen enthalten die Arbeiten von Zeller (1926). Er hat gefunden, daß bei Preßhefe eine Steigerung der Gärkraft um 80—140 % erreicht werden kann, durch Zusatz von bestimmten Mengen von Ammoniumsalzen (Karbonat-, Oxalat-, Zitrat-, Tartrat- und Formiat-), wie auch in geringerem Maße durch Ammoniumchlorid, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid, dann auch durch Jodide, Bromide, durch Alanin, Asparagine usw. und, was besonders wichtig ist, auch durch Thyreoidin, durch Röntgenbestrahlung usw. Wie zu ersehen, gehören alle angewandten Stoffe zu der Gruppe der hier schon besprochenen chemischen und physikalischen Stimulantien, was auch aus ihrer Wirkungsweise hervor-

[1]) Die Beimengungen von Salzsäure (Adrenalin) bzw. Essigsäure und Trikresol (Insulin) sind in den von uns angewandten Stimulationskonzentrationen bei den Versuchen mit Adrenalin und Insulin in so geringen Mengen vorhanden, daß sie für die oben besprochenen Resultate nicht verantwortlich gemacht werden können.

[2]) M. Rosenblatt und A. Masch: Wirkung des Mangans auf die alkoholische Gärung. Biochemische Zeitschrift, Bd. 170, 1926.

geht. „Es ist stets die Konzentration bestimmend, um einmal eine Steigerung, das andere Mal eine Hemmung hervorzurufen."

In diesem Zusammenhang möchte ich auch die Versuche von Abderhalden (1928) erwähnen, der feststellen konnte, daß Phenol in Konzentrationen von 0,001 und 0,002 % die Alkoholgärung beschleunigte. Interessant ist hier hervorzuheben, daß das Phenol, wie meine Versuche vom Jahre 1921—1922 es zeigen, auch eine gut ausgeprägte Stimulationswirkung auf Pflanzensamen (Versuche mit Reis) ausübt.

Interessante Daten über die stimulierende Wirkung, sowohl mineralischer wie organischer Verbindungen, bei den Prozessen der Alkoholgärung finden sich auch in den Arbeiten C. Neubergs und seiner Schüler, die von dem hier vertretenen Stimulationsstandpunkt aus betrachtet und verwertet werden können. Hierher gehören auch die klassischen Versuche von Schulz (1888) über die gärungsbeschleunigende Wirkung der Giftstoffe.

Es gilt bei allen diesen Untersuchungen auch die Frage nachzuprüfen, welche Art von stimulierender Einwirkung für die Gärungspraxis vorzuziehen wäre: eine dauernde — wie dies bei dem Zusatz des Stimulantes in der gärenden Flüssigkeit der Fall ist — oder aber eine zeitlich beschränkte, durch getrennte Stimulierung der Hefe vor dem Einsetzen derselben in den Gärungsprozeß.

II. Teil.

Tier- und Pflanzenversuche

Im I. Teil dieser Abhandlung habe ich eine Reihe von chemischen Mitteln angeführt, welche bei geeigneter Konzentration und bei einer optimalen Zeitdauer der Einwirkung auf die Zellen angewandt, die Eigenschaft besitzen, die Lebensprozesse derselben zu beschleunigen und zu heben. Äußerer Ausdruck dieser Stimulierung der Lebenspotenzen ist die Beschleunigung der Teilungsrate der Zellen. So konnte ich durch ein kurzes Baden von Protozoenzellen — dem Infusorium Paramaecium caudatum — in Stimulationslösungen die Zahl seiner Nachkommenschaft sehr erheblich erhöhen: nach 7 Tagen war die Nachkommenschaft von einem Kontroll-Paramaecium 242 und die von einem stimulierten Paramaecium 2027.

Durch Einwirkung von Stimulationsmitteln konnten außerdem die im Zustand von vita minima verharrenden encystierten Flagellaten, Euglena viridis, nach Belieben zum Aufwachen und zum energischen Funktionieren gebracht werden. Durch Behandeln der reifen, unbefruchteten Seeigeleier mit den verschiedensten Stimulationslösungen, wie KBr, $MgBr_2$, KJ, KNO_3, Na_2SO_4, Glyzerin u. a., konnte die Teilung derartig angeregt werden, daß normale, vollentwickelte Embryonen entstanden; die Stimulationswirkung ersetzte in diesem Falle die Befruchtung: ich bekam die Erscheinungen der künstlichen Parthenogenese. Durch Einwirkung von Stimulationslösungen auf reife, unbefruchtete Seeigeleier und nachträglicher normaler Befruchtung konnte ich die Lebenspotenzen der Eier beträchtlich steigern, so daß, im Vergleich zu der normalen Befruchtung, eine Beschleunigung der Zellteilung und folglich auch der gesamten embryonalen Entwicklung erzielt wurde. Die stimulierende Wirkung der angewandten Mittel trat besonders deutlich hervor auch bei den überreifen Eiern, welche ihre Fähigkeit zur weiteren Entwicklung nach normaler Befruchtung schon verloren hatten. Durch Einwirkung mit Stimulationsmitteln konnte die Befruchtungsfähigkeit wieder erlangt werden usw.

Wundbehandlung beim Menschen

Wenn wir nun imstande sind, durch Einwirkung mit chemischen und physikalischen Mitteln auf die Zelle, die Lebenspotenzen und die Teilungsfähigkeit derselben zu heben, so muß es auch möglich sein, diese Eigenschaft der Stimulationsmittel zur Hebung der

Regenerationsprozesse des Gewebes, d. h. bei der Wundregeneration, auszunützen. Unser Augenmerk muß dabei darauf gerichtet sein, die Lebenspotenzen des Gewebes zu heben und die Teilung der Zellen anzuregen. Gleichzeitig damit erreicht man aber auch eine Hebung der Histoimmunität, so daß die antiseptische Wundbehandlung, die darauf abzielt, die Bakterienverunreinigungen der Wunde zu verhüten, zu gleicher Zeit aber das regenerierende Gewebe schädigt, in vielen Fällen entbehrlich werden und der Stimulationsbehandlung Platz machen wird.

Schon im Jahre 1916 habe ich versucht, einige der künstlich parthogenetischen Mittel, welche, wie ich 1914 zeigte, den Wert von allgemeinen Zellstimulantien haben, auf die Wundbehandlung beim Menschen anzuwenden und dadurch die Regeneration von atonischen, schwer heilenden Wunden zu beschleunigen. Die Resultate von der Behandlung der Wunden mit $MgCl_2$ 30 ‰, $MgCl_2$ 20 ‰ + NaCl 10 ‰, KCl 5 ‰ + NaCl 25 ‰ und mit Äther und Glyzerin bestätigten damals die theoretischen Erwartungen: eine beträchtliche Hebung des Regenerationsprozesses wurde herbeigeführt. Zehn Jahre später haben einige, besonders französische und russische, Forscher Abhandlungen über neue und aussichtsvolle Methoden der Wund- und Krebsbehandlung geschrieben und die $MgCl_2$-Behandlung propagiert. Schon im Jahre 1915 schrieb ich: „Diese ausgeprägte stimulierende Wirkung der hypertonischen $MgCl_2$- und NaCl-Lösungen (ein paar Zeilen vorher führe ich auch KCl, MnCl, Äther u. a. an) ließ es wünschenswert erscheinen, ihre Wirkung auch bei der Wundregeneration zu prüfen. Sollten, wie ich annehme, die künstlich-parthenogenetischen Mittel nicht spezifische, nur auf die Geschlechtszellen beschränkte, sondern allgemeine Zellstimulantien sein, so muß sich ihre Wirkung auch in einer schnelleren Wundregeneration äußern." „Von diesem Gesichtspunkt ausgehend, gewinnen die umfassenden und vielfach sehr eingehenden Experimente der künstlichen Parthenogenese eine eminente Bedeutung auch für die Medizin. Sie weisen uns den Weg zu eingehendem Studium der Fragen über die Stimulierung der Zellfunktionen des Organismus und über die Stimulierung der Zell- und Geweberegeneration[1])."

Hier gebe ich einige Resultate meiner ersten Stimulationswundbehandlungsversuche von 1915 und der ersten Hälfte des Jahres 1916 wieder (Biol. Zentralblatt, April 1916):

---

[1]) M. Popoff: Künstliche Parthenogenese und Zellstimulation. Biol. Zentralblatt, 20. April 1916.

M. Popoff: Über stimulierende Einwirkungen auf Zell- und Geweberegeneration. Deutsche Mediz. Wochenschrift, Nr. 42, 1915.

M. Popoff: Geschlechtsvorgänge, Parthenogenese und Zellenverjüngung. Archiv für Zellforschung, Bd. XIV, Heft 2, 1914.

M. Popoff: Über die Behandlung atonischer Wunden mit Äther. Der Militärarzt 1916.

„a) Große, 10—25 cm lange und 5—10 cm breite Muskelwunden wurden mit hypertonischer NaCl- (30 ‰) Lösung behandelt. Die tiefen Wunden wurden mit Kochsalzlösung gut ausgewaschen oder dort, wo es möglich war, die Wunde in hypertonischer Lösung gebadet (20 Minuten bis ½ Stunde). Es zeigte sich, daß Wunden, die in atonischem Zustand waren und nicht granulieren wollten, bald eine rötliche Farbe annahmen; das Granulationsgewebe vermehrte sich und die Wundheilung wurde beschleunigt. Nur einige Beispiele.

1. Eine 5 cm im Diameter große, runde Fersenwunde blieb nach einigen Fortschritten stehen. Das Muskelgewebe war atonisch, von bleichem Aussehen und wollte nicht mehr granulieren und epithelisieren. In diesem stationären Zustand blieb die Wunde 6 Wochen. Am 28. Januar 1916 wurde hypertonische NaCl-Lösung mit 0,05 % Beimengung von KCl und $CaCl_2$ angewandt. Die Wunde rötete sich bald darauf und fing zu granulieren an. Am 10. Februar war sie vollständig geschlossen und mit Epithel überdeckt.

2. Patient mit Fractura humeri (Gewehrgeschoß); operiert zum zweiten Male am 10. Januar 1916: Kommunizierende Wunden an der inneren und äußeren Seite oberhalb des Ellbogens. Behandlung mit hypertonischer NaCl-KCl-Lösung (10. Januar). Am 25. I. die Kommunikation verschlossen. Die äußere Wunde gefüllt, aber es bleibt noch eine ca. 10 cm lange und 4 cm breite, nicht epethelisierte Stelle. Die innere Wunde von 4 cm Durchmesser leitet noch in einen ca. 8 cm tiefen Kanal, aus dem die Wunde eitert. Hypertonische Kochsalzbäder. Am 2. II. auch diese Wunde sehr gut, ohne Eiter, geheilt. Am 14. Februar die beiden Wunden geschlossen und epithelisiert.

b) Wunden, die mit $MgCl_2$ und NaCl (ā ā 15 ‰) behandelt waren, zeigten ebenfalls eine rasch einsetzende Granulation und Epithelisation.

1. Patient mit Kugelwunde im Fußgelenk mit Perforation der Tibia und Fibula. Am 26. I. 1916 die Wunde vorne weit aufgerissen, 10 cm lang und 8 cm breit in Kommunikation mit einer ebenso großen Wunde am inneren Fußknöchel. Beide Wunden in Eiterung. Waschungen mit Wasserstoffsuperoxyd und dann triefnasse Kompressen eine halbe Stunde lang von $MgCl_2$- und NaCl-Lösung. Am 6. II. die Kommunikation unterbrochen; die Wunden ohne Eiter, in starker Granulation; fast oberflächlich geworden. Am 12. II. die Wunden beinahe geschlossen; es bleibt nur je ein schmaler, länglicher, noch nicht epithelisierter Streifen. Am 20. II. die Wunden geheilt.

2. Patient mit Fractura femuris sinistri (November 1915). Zweite Operation wegen schlechter Verwachsung am 10. I.; vorne am Schenkel 10 cm lange und 10 cm tiefe Wunde; hinten am Schenkel eine zweite weit aufgerissene 20 cm lange, 6 cm breite und 8 cm

tiefe Wunde. Alle beide eiternd. In den ersten Tagen (26. 1.) nach der Behandlung mit $MgCl_2$ und NaCl die Eiterung stärker, gemischt mit Blut. Am 2. II. eitert die hintere Wunde nicht mehr; starke Granulation. Aus der vorderen Wunde kommt noch Eiter, aber gemischt mit Blut. Von Zeit zu Zeit Auswaschungen mit H_2O_2 und dann wieder mit $MgCl_2$- und NaCl-Lösung; die Wunde granuliert. Am 8. II. die hintere Wunde in sehr gutem Zustand: 4 cm lang, 2 cm breit und 3 cm tief. Am 20. II. die hintere Wunde geschlossen; an der vorderen bleibt noch eine kleine Öffnung, welche in einen 5 cm tiefen Kanal führt.

c) Ebenso günstigen Einfluß auf die Wundregeneration zeigte auch die Anwendung von der reinen $MgCl_2$-Lösung (30 ‰). Hier möchte ich drei besonders eklatante Fälle als Beispiel erwähnen.

1. Patient, der mit einem zerscmetterten Handgelenk ins Spital kam (November 1915), hat nach einer überstandenen Operation (Entfernung von Knochensplittern) zwei Monate lang nicht genesen können; die Wunde eiterte und wollte sich nicht schließen. Es wurde eine neue Operation (20. I.) vorgenommen und noch einige Knochensplitter entfernt. Gleich darauf wurde die Wunde nur mit hypertonischer $MgCl_2$-Lösung behandelt. Anfangs jeden Tag und später einen Tag über den anderen hatte die Wunde 20 Minuten lang eine triefende, nasse $MgCl_2$-Kompresse erhalten und wurde dann trocken, wie bei der Behandlung mit KCl-NaCl, oder mit $MgCl_2$ und NaCl, mit aseptischer Gaze verbunden. Die Wunde reinigte sich bald darauf und nach 20 Tagen waren die anfangs 4 cm tiefen Wunden ganz regeneriert und mit Epithel bedeckt.

2. Einem 18 Jahre alten Patienten hatte ein Kugelschuß die zwei mittleren Finger der rechten Hand weggerissen und die Handfläche an beiden Seiten weit aufgerissen. Nach der operativen Reinigung der Wunde (26. I. 1916) wurde dieselbe von Anfang an mit hypertonischer $MgCl_2$-Lösung auf die schon beschriebene Weise behandelt. Nach 3 Wochen war die Wunde vollständig geheilt. Die schnelle Granulation und Epithelisierung der Wunde war sehr auffallend.

3. Ein 16 Jahre alter Patient mit großer Frostbeule am rechten Fuß. Bei der Operation drei Zehen amputiert und das gangränöse Fleisch bis zur Mitte des Fußes gereinigt, so daß die vordere Hälfte des Fußes eine große, offene Wunde darstellte. Von Anfang an die Wunde bei Ausschluß von irgendwelchen Antiseptika nur mit $MgCl_2$-Lösung behandelt. Am 6. II. die Wunde in starker Granulation, ohne Eiter. Am 26. II. ist von der Wunde nur noch die Ansatzstelle der ersten drei Zehen offen und nicht epithelisiert.

Bei der bekannten Langsamkeit der Abheilung von Erfrierungen ist das mit $MgCl_2$ erzielte Resultat besonders bemerkenswert.

Bei allen diesen, wie auch bei den anderen noch unten zu erwähnenden Fällen wurde fast gar kein antiseptisches, gewebetötendes Mittel angewandt. Nur die stark eiternden Wunden wurden zuerst mit H_2O_2 ausgewaschen und gleich darauf mit der betreffenden hypertonischen Lösung behandelt.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß in einigen Fällen die $MgCl_2$-Behandlung allein nicht die erwünschten Resultate gab. Die Granulation der Wunden ging zwar gut vor sich, aber nicht in dem erwünschten Tempo[1]). Die günstige Wirkung der $MgCl_2$-Lösung war besonders bei reinen Wunden, die granulieren und sich schließen dürfen, auffallend.

Alle diese Versuche sprechen zugunsten der vertretenen Auffassung von der allgemeinen zellstimulierenden Wirkung der hypertonischen, künstliche Parthenogenesis hervorrufenden Agentien."

In denselben Jahren 1915 und 1916 habe ich über die stimulierende Wundbehandlung noch andere Versuche, und zwar damals aus folgenden Überlegungen heraus durchgeführt:

„Als eine wichtige Stütze der hier vertretenen Auffassung von der Übereinstimmung der Erscheinungen der künstlichen Parthenogenese und der bis jetzt bekannten Erscheinungen der Zellstimulierung dienen weiter die Ätherisationsversuche bei Pflanzen. Molisch, Johansen, Weber u. a. haben gefunden, daß man die ruhenden Knospen zu frühem Austreiben anregen kann, wenn man sie auf kurze Zeit mit Ätherdämpfen behandelt. Jedesmal bleiben die Kontrollen im Vergleich zu den Versuchsknospen in der Entwicklung zurück. Die Wirkung des Äthers als Stimulans bei der Pflanzenentwicklung ist so gut, daß man sie in der Gärtnerkunst mit Erfolg anwendet. Äther ist aber auch ein künstlich-parthenogenetisches Mittel (Matthews, 1900), also nach dem bisher Gesagten ein allgemein zellstimulierendes Mittel. Es lag deshalb nahe, seine Wirkung auch auf die Wundregeneration zu erproben. Und in der Tat, die nach dieser Richtung vorgenommenen Versuche zeitigten, wie ich gleich vorwegnehmen will, überraschend günstige Resultate. Da die Anwendung des reinen Äthers oder der Ätherdämpfe bei den Wunden unbequem und nicht angebracht ist, habe ich 1 Teil Äther in Gemisch mit 3 Teilen Oleum Olivarum angewendet. Die Oleum-Äther-Mischung wurde, je nachdem, direkt auf die Wunde gebracht oder auf die Wunde eine mit der Mischung gut getränkte Mullgaze gelegt. Der Verband geschah täglich oder einen Tag über den anderen. Die von mir nach dieser Methode behandelten Wunden waren meistenteils Erfrierungen, d. h. gerade solche Wunden, die sehr langsam granulieren und schwer heilen.

[1]) Es stellte sich mit der Zeit heraus, daß in solchen Fällen die Behandlung mit den Stimulationslösungen vielfach zu lang war. Deshalb wurde die Behandlungszeit jedesmal auf höchstens 10—15 Minuten täglich (oder je nachdem — ein um den andern Tag) herabgesetzt.

Nach Beginn der Ätherbehandlung merkte man, schon nach dem 2. bis 3. Verband, wie die Wunde sich rötete; es bildete sich bald ein gutaussehendes Granulationsgewebe und bald darauf fing auch die angrenzende Epithelschicht an, sich zu beleben. In kurzer Zeit, schon nach 2—3 Wochen, schlossen sich manchmal große Wunden, die lange Zeit vorher, wochen-, ja monatelang keinen Fortschritt gemacht hatten. Die vielen nach dieser Methode behandelten Wunden (ca. 30) lassen keinen Zweifel über die günstige zellstimulierende Wirkung des Äthers. Ja, die mit Oleum-Äther erzielten Resultate sind die auffallendsten, die ich in meiner Versuchsserie aufzuweisen habe. Hier einige Beispiele.

1. Patient mit komplizierter Fractura femoris sinistri, welche eine Amputation in der Mitte des Femurs notwendig machte (28. XI. 1915). Die Wunde ist anfangs mit Auswaschungen von H_2O_2 behandelt worden mit nachträglicher trockener Bandagierung. Am 22. I. war die Wunde seit einigen Wochen stationär: eine 10 cm lange und 5 cm breite Wundstelle wollte sich nicht weiter schließen. Am 22. I. 1916 Oleum-Äther angewandt. Am 26. I. die Wunde schon in Granulation und von frischem Aussehen. Am 2. II. blieb eine nur noch 3 cm lange und 1 cm breite, nicht epithelisierte offene Stelle. Am 10. II. war die Wunde geschlossen und mit Epithel bedeckt.

2. Patient (im Spital Mitte Dezember 1915 aufgenommen), mit Erfrierungen an beiden Füßen unter den Zehen. Die Heilung ist langsam vor sich gegangen (Behandlung mit H_2O_2 und trockener Bandagierung mit Jodoformpulver). Vom 24. I. an Oleum-Äther-Bandagierung. Am 8. II. die Wunden geheilt.

3. Eine Laparotomiewunde vom 26. X. 1915. Die Abheilung gut vor sich gegangen bis auf einen Streifen auf dem Musculus rectus abdominis, von 8 cm Länge und 3 cm Breite, der 3 Wochen stationär bleibt und nicht epithelisiert. Am 22. I. Behandlung mit Oleum-Äther. Am 2. II. die Wunde geschlossen.“ usw.

Seit dieser Zeit ist es mir gelungen, die Frage der Zellstimulation auf eine sowohl theoretisch wie praktisch breitere Basis zu stellen, und deshalb erschien es wünschenswert, die Frage der Beschleunigung der Wundregeneration durch Anwendung von Zellstimulationsmitteln auch einer eingehenden experimentellen Untersuchung zu unterwerfen. Zu diesem Zwecke habe ich mit meinen Mitarbeitern ausgedehnte Versuche zuerst an Hydrozoen und Turbellarien und dann an Pferden und Menschen vorgenommen.

Als Stimulationsmittel dienten die in den vorhergehenden Kapiteln aufgezählten und biologisch näher untersuchten Zellstimulantien in verschiedenen Konzentrationsabstufungen und Kombinationen.

Regenerationsversuche an Hydra viridis

Die Regenerationsversuche an Hydra viridis (ausgeführt zusammen mit Fräulein Dr. D i m i t r o w a[1]), wurden so angestellt, daß gleich große Exemplare[2]) in der Mitte durchgeschnitten und die hinteren Hälften dann in den Stimulationslösungen einige Minuten lang gebadet wurden. Nach dieser Behandlungsweise wurden die Hydren in normales Wasser gleichzeitig mit unbehandelten Kontrollen überführt und die Schnelligkeit der Regenerationsprozesse vergleichend beobachtet. Es stellte sich heraus, daß die stimulierten Hydren schneller einen neuen Tentakelkranz bildeten als die unbehandelt gebliebenen Kontrollen, außerdem war auch die Zahl der neugewachsenen Tentakeln eine größere als bei den Kontrollen. Durch hunderte von Versuchen konnten wir eine Anzahl günstigst wirkende Stimulationslösungen sowie die optimale Zeit der Anwendung derselben für die Hydra feststellen. So z. B. erwiesen sich die Lösungen von $MgCl_2$ 15 ‰, KJ 0,25 ‰, Kal. arsenic. 0,05 ‰, Methylal 1 ‰, Tannin 1 ‰, Glyzerin + KJ usw. als besonders günstig. Gute Resultate ergab auch die Behandlung mit Acidum formicum, mit Gemischen von $MgCl_2$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ (5 ‰) + KJ (0,125 ‰) usw.

Den günstigen Verlauf der Stimulations-Wundbehandlung will ich durch die Wiedergabe einiger diesbezüglicher Versuchsprotokolle erörtern. Die Versuche sind im Jahre 1923 ausgeführt.

V e r s u c h e m i t $MgCl_2$ (15 ‰)

1. Am 23. VIII. 1923. Drei Gruppen von je drei gleich großen Hydren durchgeschnitten, davon die eine Dreiergruppe als Kontrolle weitergezüchtet, während von den anderen zwei Gruppen, die eine 1 Minute lang in der $MgCl_2$-Lösung und die andere 3 Minuten lang in derselben Lösung behandelt und dann in Wasser, wie die Kontrolle, getan.

25. VIII. K o n t r o l l e. Die Hinterhälften in Regeneration begriffen, und zwar die eine Hälfte hat schon 4 Tentakeln, zwei davon $^2/_{10}$ mm lang und die anderen zwei als Höckerchen; die zweite Hinterhälfte (Hh) mit 2 Tentakelhöckerchen und die dritte Hh — mit 5 Tentakeln (T.), je $^3/_{10}$ mm lang (die normale Länge der T. ist gewöhnlich zirka 2 mm).

1 M i n u t e i n $MgCl_2$ b e h a n d e l t e n G r u p p e. Alle Hh in der Regeneration etwas weiter als die Kontrolle fortgeschritten: die eine Hh hat schon 5 T. von je $^3/_{10}$ mm Länge; die zweite Hh hat 4 T, je $^2/_{10}$ mm lang und die dritte Hh hat 2 Tentakelhöckerchen.

---

[1]) M. Popoff und A. Dimitrowa: Stimulierung der Regenerationsprozesse bei Hydra viridis. Biologia generalis, Bd. 1, Nr. 1, 1925.

[2]) Alle Hydrenkulturen, die zu Hunderten von Exemplaren zählten, stammen aus einem einzigen Exemplar, so daß Stammesunterschiede bei dem Versuchsmaterial vermieden sind.

3 Minuten $MgCl_2$. Auffallend gut sind die Hh: die eine Hh — mit 5 T. von je 1/3 mm Länge, die andere Hh mit 6 T. von je 1/2 mm Länge und die dritte Hh mit 5 T., je 1/2 mm lang.

Die Unterschiede in der Regeneration bei der Kontrolle und den Versuchsgruppen waren noch besser ausgeprägt am nächsten Tage dem 26. VIII. In der Kontrolle ist die eine Hh zerflossen; die andere Hh hat 6 T. von je 1/2 mm Länge und die dritte Hh — 6 T., je 1 mm lang.

1 Minute $MgCl_2$. Die eine Hh hat 6 T., je 1 mm lang, die zweite Hh — 4 Tentakeln, je 1/4 mm lang und die dritte Hh — 5 T., je 2/3 mm lang.

3 Minuten $MgCl_2$. Alle Hh sind in außerordentlich gutem Zustand. Eine Hh hat 6 T. von je 1 mm Länge; die zweite Hh hat 11 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh hat 8 T. von je 1 mm Länge. Es fällt bei diesem Versuch sowohl die Länge der Tentakeln wie auch deren Zahl besonders auf.

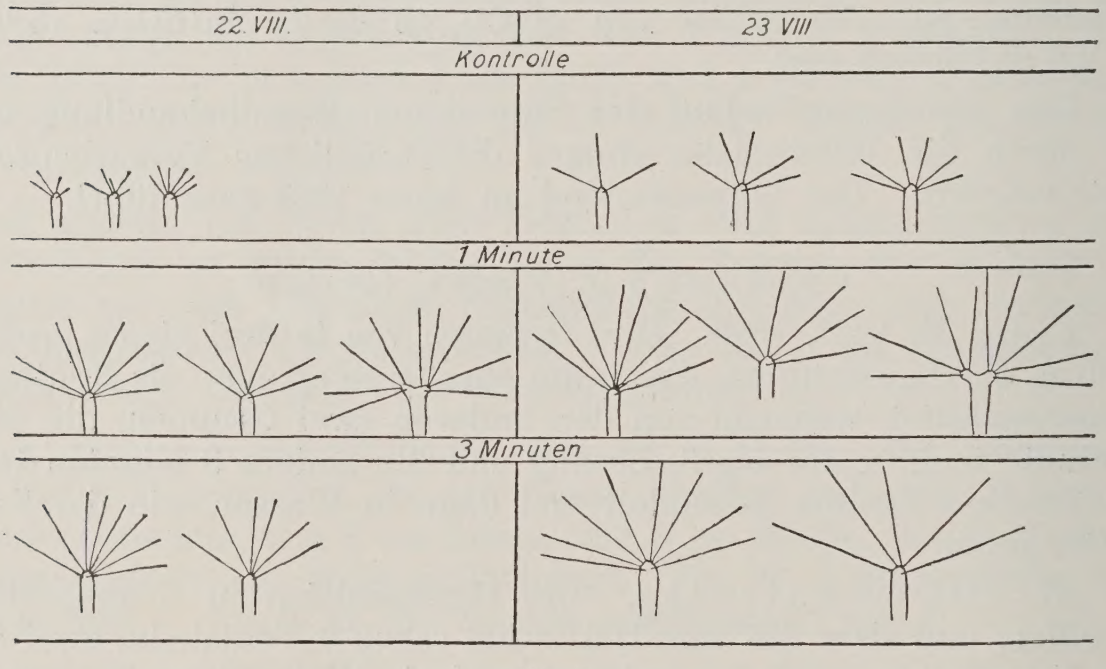


Abb. 7.

Die Versuche mit MgCl in Lösung 15 ‰ sind in genau derselben Weise und immer mit denselben günstigen Resultaten zehnmal wiederholt worden. Anstatt alle diese Versuche genau zu beschreiben, wollen wir nur noch ein Protokoll anführen, das typisch für eine Reihe ähnlich ausgefallener Versuche ist.

2. Versuch vom 18. VIII. 1923 (Abb. 7).

Am 20. VIII. waren in der Kontrolle die Vh in normaler Regeneration begriffen. Von den Hh waren die zwei mit je 3 Tentakelhöckern und die dritte Hh ohne merkliche Regenerationserscheinungen.

1 Minute in $MgCl_2$. Die Vh vollkommen regeneriert. Eine der Hh mit 6 T., die andere Hh mit 2 Mundöffnungen, die eine mit 5 T., die andere mit 4 T. und die dritte Hh mit 8 T. Alle Tentakel 1/2 mm lang.

3 Minuten in $MgCl_2$. Die Vh regeneriert und gut entwickelt. Eine der Hh mit 6 T. und die andere mit 8 T., alle ½ mm lang.

Am 21. VIII. In der Kontrolle eine Hh mit 6 T., die zweite Hh mit 3 T. und die dritte Hh mit 5 T., alle nicht länger als 1/2 mm.

1 Minute $MgCl_2$. 2 Hh. mit 6 und 8 T. und die Hh mit den 2 Mundöffnungen mit 5 und 4 T.; alle 1 mm lang.

3 Minuten $MgCl_2$. Die zwei Hh mit je 6 und 8 T. — je 1 mm lang.

Am 22. VIII. In der Kontrolle eine Hh mit 3 T., zwei davon noch sehr klein, die zweite Hh mit 5 T., zwei davon noch sehr klein und die dritte Hh mit 6 T. — alle ca. 1 mm lang.

1 Minute $MgCl_2$. Die eine Hh mit 8 T., schon normalgroß (ca. 2 mm), die zweite Hh mit 6 T., fast 1 3/4 mm lang, und die zweimündige Hh mit 5 und 4 fast normalgroße (ca. 2 mm) T.

3 Minuten $MgCl_2$. Die eine Hh mit 8 T. und die andere mit 6 T. — alle von normaler Größe.

Am 23. VIII. In der Kontrolle die eine Hh mit 5 T., die zweite mit 3 und die dritte — mit 6 T. — alle fast halb so groß wie die normalen (ca. 1 mm).

1 Minute $MgCl_2$. Die Hh vollständig regeneriert. Die eine Hh mit 8 T., die zweite Hh mit 6 T. und die dritte mit zwei Mundöffnungen — mit 5 und 4 T.; — alle von normaler Größe.

3 Minuten $MgCl_2$. (Diese Gruppe bestand aus zwei Tieren.) Die eine Hh mit 8 T., die andere mit 6 T.; — alle von normaler Größe (2 mm lang).

Die hier angeführten und die anderen ähnlich ausgefallenen Versuche zeigen eine auffallend energische Regeneration im Vergleiche zu den Kontrollen. Diese gehobene Regenerationstätigkeit äußert sich nicht nur in dem schnelleren Auswachsen der Tentakeln, sondern, was besonders wichtig ist, in ihrer viel größeren Zahl, denn wie die bisherigen Untersuchungen über die normale Regeneration bei Hydra zeigen, erreicht die Zahl der neu regenerierten Tentakeln der Hinterhälften nicht die Zahl der Tentakel der Vorderhälften, die zwischen 7 und 9 schwankt. Dasselbe haben wir auch an unseren zahlreichen Kontrollen, die normale Regenerationen darstellen, beobachtet. Ganz anders bei den Hinterhälften, die mit Stimulationslösungen behandelt worden waren. Hier erreichte gewöhnlich die Zahl der regenerierten Tentakel nicht nur diejenige der Vorderhälften, sondern sehr oft übertraf sie dieselbe —, alles Momente, welche für eine gehobene Zellteilungs- und Regenerationsfähigkeit sprechen. Dieselben Erscheinungen treten auch bei den folgenden Versuchen klar hervor.

Versuche mit KJ (0,25 %)

1. Versuch vom 10. IX. 1923. Behandlungszeit 3 und 5 Minuten.

12. IX. Kontrolle. Nur eine Hh mit höckerartigen Tentakelanlagen; die anderen zwei Hh noch ohne Regeneration.

3 Minuten KJ. Eine Hh mit 2 kleinen T., die zweite Hh mit 5 T. und die dritte Hh mit 4 T. von je 2/10 mm Länge.

5 Minuten KJ. Zwei Hh mit höckerartigen Tentakelanlagen, die dritte Hh ohne Regeneration.

13. IX. Kontrolle. Eine Hh mit 2 T., je 3/10 mm lang; die übrigen zwei Hh mit je 4 T. von 3/10 mm Länge.

3 Minuten KJ. Zwei Hh mit je 6 T. 1 mm lang und die dritte Hh mit 5 T., je 1/2 mm lang.

5 Minuten KJ. Zwei Hh mit je 5 T., 3/10 mm lang und die dritte Hh mit 2 T. von je 1/10 mm Länge.

15. IX. Kontrolle. Zwei Hh mit je 5 T., 1 1/3 mm lang und die dritte Hh mit 4 T., je 1 1/3 mm lang.

3 Minuten KJ. Alle drei Hh vollständig regeneriert; alle Hh mit je 7 normalgroßen T.

5 Minuten KJ. Alle drei Hh ebenfalls fast normalgroß. Die eine Hh mit 7 T., je 1 2/3 mm lang; die zweite Hh mit 6 T., je 2 mm lang und die dritte Hh mit 4 T., je 1 1/3 mm lang.

Einen ähnlichen Verlauf zeigen alle 9 mit KJ angestellten Versuche. Hier lasse ich ein anderes Protokoll folgen.

2. Versuch vom 2. IX. Vier Gruppen von je 3 durchgeschnittenen Hydren. Behandlungszeit 1, 3 und 5 Minuten. (Abb. 8.)

4. IX. Kontrolle. Die eine Hh mit 2 Tentakelhöcker; die zweite mit 5 T., je 2/10 mm lang, und die dritte Hh mit 6 T., je 1 mm lang.

1 Minute KJ. Die eine Hh mit 7 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 6 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh mit 7 T., je 1 2/3 mm lang.

3 Minuten KJ. Die eine Hh mit 8 T., je 1 1/3 mm lang; die zweite Hh mit 6 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh mit 3 T., je 2/3 mm lang.

5 Minuten KJ. Die eine Hh mit 8 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 7 T., je 1 1/3 mm lang, und die dritte Hh mit 7 T., je 1 mm lang.

5. IX. Kontrolle. Die eine Hh mit 2 höckerartigen Tentakeln; die zweite Hh mit 6 T., je 1/2 mm lang, und die dritte Hh mit 8 T., je 1 1/2 mm lang.

1 Minute KJ. Die eine Hh mit 7 T., je 2 mm lang; die zweite Hh mit 6 T., je 2 mm lang, und die dritte Hh ebenfalls mit 6 T., je 1 1/2 mm lang.

3 Minuten KJ. Die eine Hh mit 3 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 7 T., je 1½ mm lang, und die dritte Hh mit 7 T., je 2 mm lang.

5 Minuten KJ. Die eine Hh mit 7 T., je 1½ mm lang; die zwei übrigen Hh mit je 8 T., 2 mm lang.

Einen ähnlichen Verlauf zeigten auch die übrigen 7 Versuche. Bei allen ist eine sehr starke Hebung der Regenerationstätigkeit zu beobachten gewesen. Als günstigste Behandlungsdauer erwies sich 3 bzw. 5 Minuten und als günstigste Konzentration 0,25 ‰ KJ. Die 3 Minuten lang behandelten Tiere zeigten eine fast zweimal schnellere Regeneration als die Kontrollen.

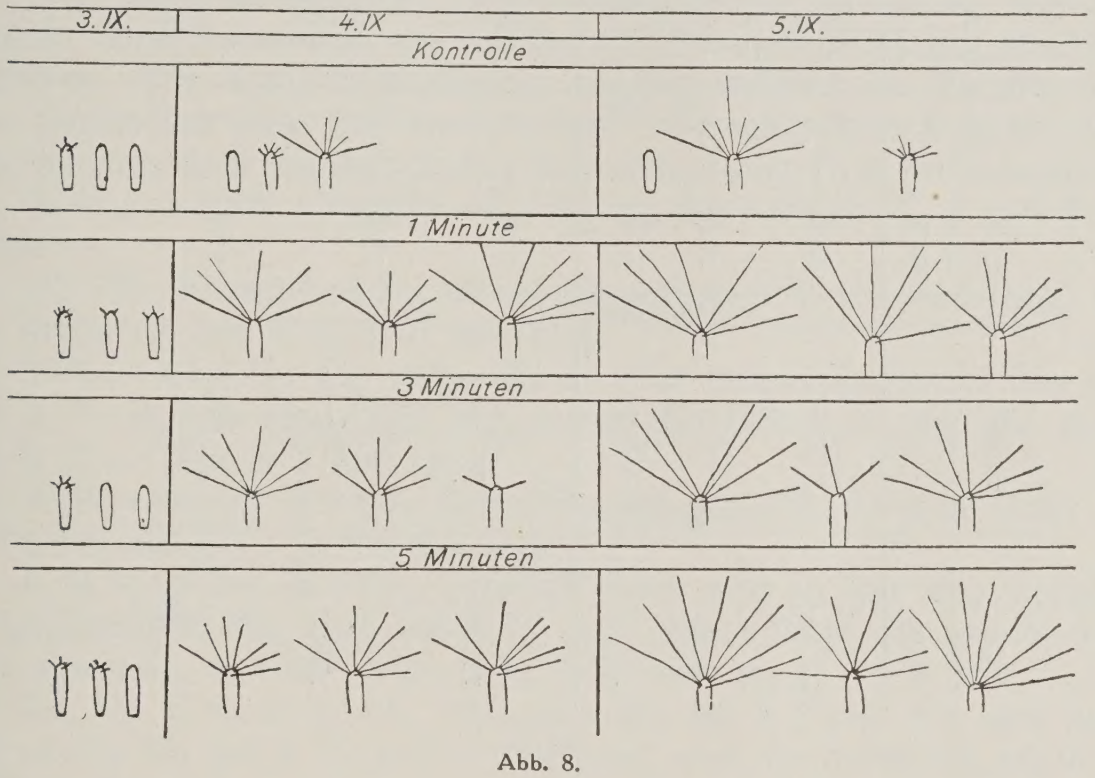


Abb. 8.

Versuche mit Kal. arsenicosum (0,05 ‰)

1. Versuch vom 19. X. 1923, 6 Uhr nachm. Behandlungsdauer 1 und 3 Minuten.

24. X. Kontrolle. Die eine Hh mit 6 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 7 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je ⅔ mm lang.

1 Minute Kal. Ars. Alle drei Hh schon zu normalen Hydren ausgewachsen. Die eine Hh mit 9 T., je 2 mm lang; die zweite Hh mit 8 T., je 1½ mm lang, und die dritte Hh mit 8 T., je 1½ mm lang.

3 Minuten Kal. Ars. Alle drei Hh zu normalen Hydren ausgewachsen. Die eine Hh mit 7 T., je 1½ mm lang; die zweite Hh mit 5 T., je 1½ mm lang, und die dritte Hh mit 10 T., je 1½ mm lang.

Ähnliche Resultate, die eine außerordentlich günstige Wirkung des Kal. Ars. als beschleunigendes Mittel bei der Regeneration

zeigen, haben 7 andere Versuche ergeben. Überall steigerte sich die Wirkung des Kal. Ars. von der Behandlungsdauer 1 Minute anfangend zu der Behandlungsdauer 3 und 5 Minuten, bei welch letzteren sie ihren Höhepunkt erreichte, wie dies auch aus dem nachfolgenden Versuchsprotokoll zu ersehen ist.

2. Versuch vom 19. X., 5½ Uhr nachm. Behandlungsdauer 1, 3 und 5 Minuten (Abb. 9).

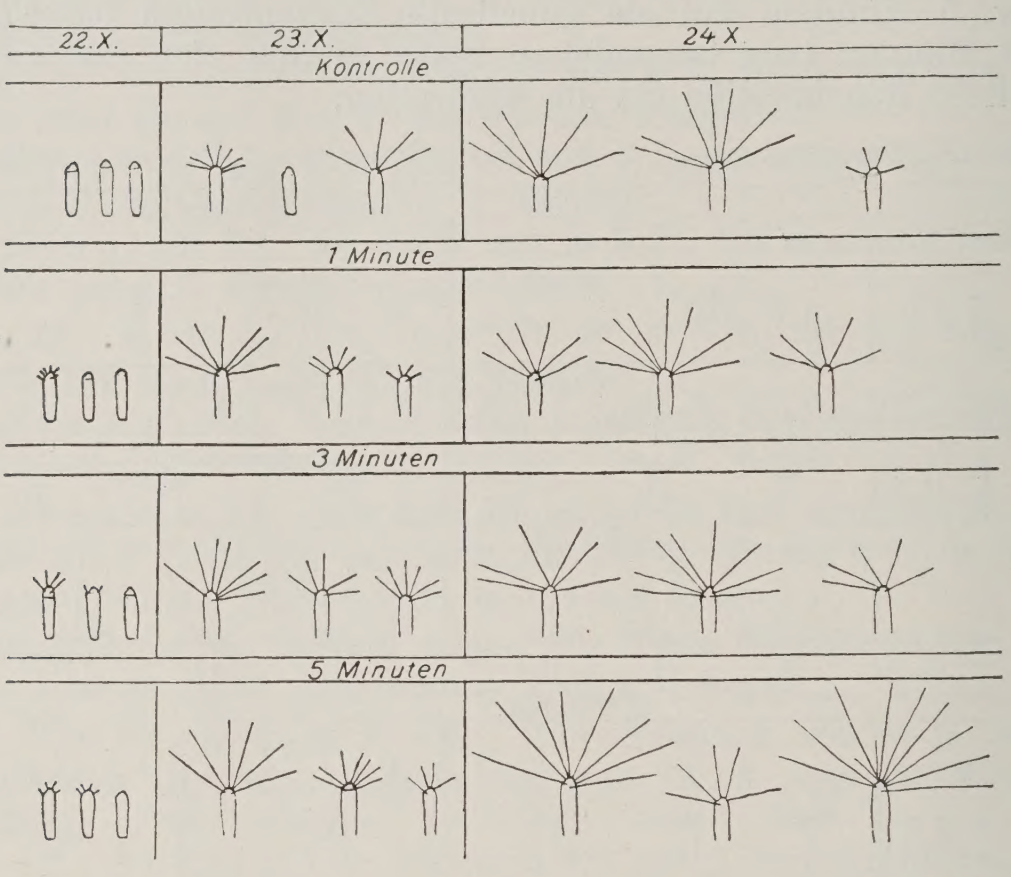


Abb. 9.

23. X. Kontrolle. Die eine Hh mit 7 T., je 4/10 mm lang; die zweite Hh mit 5 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh noch ohne Regeneration.

1 Minute Kal. Ars. Die eine Hh mit 7 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 5 T., je 4/10 mm lang, und die dritte Hh mit 4 T. von je 2/10 mm Länge.

3 Minuten Kal. Ars. Die eine Hh mit 7 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 5 T., je 4/10 mm lang, und die dritte Hh mit 6 T., je 2/3 mm lang.

5 Minuten Kal. Ars. Die eine Hh mit 6 T., je 1⅓ mm lang; die zweite Hh mit 7 T., je 2/3 mm lang, und die dritte Hh mit 4 T., je 4/10 mm lang.

24. X. Kontrolle. Die eine Hh mit 6 T., je 1⅓ mm lang; die zweite Hh mit 7 T., je 1½ mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je 4/10 mm lang.

1 Minute Kal. Ars. Die eine Hh mit 6 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 8 T., je 1⅓ mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je 1 mm lang.

3 Minuten Kal. Ars. Die eine Hh mit 6 T., je 1⅓ mm lang; die zweite Hh mit 8 T., je 1⅓ mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je 1 mm lang.

5 Minuten Kal. Ars. Alle Hh sehr gut entwickelt. Die eine davon mit 8 T., je 2 mm lang; die zweite Hh mit 11 T., je 2 mm lang, und die dritte Hh mit 6 T., je 1⅓ mm lang.

Versuche mit Methylal (1 %oo)

Mit Methylal wurden im ganzen sieben Versuche angelegt, welche, ohne Ausnahme, die starke stimulierende Wirkung desselben ergaben. Die damit behandelten Hydren zeigten im Vergleich zu den Kontrollen eine viel energischere und schnellere Regeneration, wie dies aus dem nachfolgenden Versuchsprotokoll zu entnehmen ist.

1. Versuch vom 18. IX. Behandlungsdauer 1, 3 und 5 Minuten.

21. IX. Kontrolle. Zwei Hh mit je 5 T., ⅔ mm lang, und die dritte Hh mit 6 T., je 1 mm lang.

1 Minute Meth. Alle Hh in sehr gutem Zustand. Die eine mit 7 T., je 1⅓ mm lang; die zweite Hh mit 4 T. und die dritte mit 5 T. — alle je 1 mm lang.

3 Minuten Meth. Zwei Hh mit je 6 T., ⅔ mm lang; die dritte Hh mit 4 T., je 4/10 mm lang.

5 Minuten Meth. Alle Hh sehr weit in der Regeneration fortgeschritten: die eine hat 8 T., je 1⅓ mm lang; die zweite 6 T., je 1 mm lang, und die dritte 6 T., je ⅔ mm lang.

22. IX. Kontrolle. Die eine Hh mit 8 T., je 1½ mm lang; die zweite Hh mit 6 T., je 1⅓ mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je 1 mm lang.

1 Minute Meth. Zwei Hh mit je 7 T., 1½ mm lang; die dritte Hh mit 4 T., je 1⅓ mm lang.

3 Minuten Meth. Zwei Hh zu normalen Hydren ausgewachsen, mit je 6 T. von 2 mm Länge; die dritte Hh mit 4 T., je 1⅓ mm lang.

5 Minuten Meth. Alle drei Hh zu normalen Hydren ausgewachsen: zwei Hh mit je 6 T. von 2½ mm Länge, und die dritte Hh mit 8 T., je 2 mm lang.

Die auffallendste Wirkung auf die Regenerationsprozesse war nach einer Behandlung von 5 Minuten zu beobachten.

Versuche mit Acidum formicum

Es sind im ganzen 10 Versuche mit Ameisensäure angestellt worden, welche die sehr stark stimulierende Wirkung derselben auf die Regenerationsprozesse bei Hydra auf eklatante Weise

zeigten. Die Lösung von 0,25 ‰ stellte sich bei den Versuchen als zu stark heraus, deshalb haben wir nach einigen tastenden Versuchen die Verdünnung von 1 Teil 0,25 ‰ Ameisensäurelösung mit 3 Teilen Wasser in Anwendung gebracht. Hier gebe ich das Protokoll eines dieser Versuche wieder, um den Verlauf der Regenerationsprozesse zu illustrieren.

1. Ein Versuch, angestellt am 6. X., zeigte folgenden Verlauf:

8. X. Kontrolle. Alle Hh nur mit regenerierter Mundscheibe.

3 Minuten Ams. Die eine Hh mit 5 T., je 2/10 mm lang; die übrigen zwei Hh mit regenerierter Mundscheibe.

5 Minuten Ams. Alle Hh in Regeneration begriffen: die eine hat 4 T., je 4/10 mm lang; die zweite — 2 T., je 1/10 mm lang, und die dritte mit regenerierter Mundscheibe.

9. X. Kontrolle. Die eine Hh nur mit regenerierter Mundscheibe; die zweite Hh mit 3 T., je 1/2 mm lang, und die dritte Hh mit 4 T., je 2/10 mm lang.

3 Minuten Ams. Alle drei Hh in sehr gutem Zustande: die eine mit 6 T., je 1 1/3 mm lang; die zweite mit 5 T., je 4/10 mm lang, und die dritte — mit 4 T., je 2/10 mm lang.

5 Minuten Ams. Die Hh schwächer entwickelt als bei der Behandlung 3 Minuten. Die eine Hh mit 5 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 6 T., je 1/2 mm lang und die dritte — mit 3 Tentakelhöcker.

10. X. Kontrolle. Die eine Hh mit 5 T., je 1/2 mm lang; die zweite mit 7 T., einige 1 mm lang, und die dritte mit 5 T., je 1 mm lang.

3 Minuten Ams. Die eine Hh mit 6 T., je 1/3 mm lang; die zweite mit 5 T., je 1 mm lang, und die dritte mit 6 T., je 2/3 mm lang.

5 Minuten Ams. Alle Hh in sehr gutem Zustande: die eine mit 7 T., je 1 1/3 mm lang; die zweite mit 7 T., je 1 1/3 mm lang, und die dritte mit 3 T., je 1/2 mm lang.

Aus allen Versuchen geht hervor, daß bei günstig abgepaßter Behandlung mit Ameisensäure eine ausgesprochene Beschleunigung des Regenerationsprozesses zu erzielen ist.

Dieselbe Beschleunigung ist noch deutlicher ausgeprägt bei den

Regenerationsversuchen mit Tannin (1 ‰)

Mit Tannin wurden 11 Versuche angestellt; alle zeigten denselben günstigen Verlauf. Die mit Tannin behandelten Hydren, wie aus den zwei hier wiedergegebenen Protokollen zu entnehmen ist, regenerierten schneller und vollkommener als die entsprechenden Kontrollen.

1. Versuch vom 5. X., 5½ Uhr nachm. Behandlungsdauer 3 und 5 Minuten.

8. X. Kontrolle. Die eine Hh mit 4 T., je ½ mm lang; die zweite Hh mit 4 T., je 3/10 mm lang, und die dritte Hh mit 2 T., je 2/10 mm lang.

3 Minuten Tan. Die zwei Hh mit je 6 und 7 T., je ½ mm lang; die dritte Hh mit Tentakelanlagen.

5 Minuten Tan. Die Hh besonders gut entwickelt; die eine hat 8 T., je 1 mm lang; die zweite und dritte Hh haben je 6 T. von je 1 mm Länge.

9. X. Kontrolle. Die eine Hh hat 3 T., je 2/3 mm lang; die zweite Hh hat 5 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh hat 4 T., je ½ mm lang.

3 Minuten Tan. Alle Hh in sehr gutem Zustand: die eine Hh mit 8 T., je 1½ mm lang; die zweite Hh mit 7 T., je 1½ mm lang, und die dritte Hh mit 4 T., je ½ mm lang.

5 Minuten Tan. Die Hh. haben die Normalgröße vollständig erreicht; die eine Hh sogar schon in Knospung; sie hat 9 T., je 1½ mm lang; die zweite Hh hat 8 T., je 2 mm lang, und die dritte Hh hat 7 T., je 2 mm lang.

Die starke Hebung der Regenerationsprozesse tritt außerordentlich stark hervor. Aus diesem und den anderen 10 ähnlich verlaufenen Versuchen konnten wir die optimale Behandlungszeit für die 1 ‰ Tanninlösung auf 3 und 5 Minuten festsetzen.

2. Versuch vom 18. IX. Behandlungszeit 1, 3 und 5 Minuten.

21. IX. Kontrolle. Die eine Hh mit 6 T., je 2/3 mm lang; die zweite Hh mit 4 T., je ½ mm lang, und die dritte Hh mit 4 T., je 3/10 mm lang.

1 Minute Tan. Die eine Hh mit 6 T., je 1⅓ mm lang; die zweite Hh mit 4 T., je ½ mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je 1 mm lang.

3 Minuten Tan. Die eine Hh mit 6 T., je 1 mm lang; die zweite Hh ebenfalls mit 6 T., je 2/3 mm lang, und die dritte Hh mit 5 T., je 2/3 mm lang.

5 Minuten Tan. Die eine Hh mit 7 T., je 2/3 mm lang, die übrigen zwei Hh mit je 6 T. von je 2/3 bzw. ½ mm Länge.

22. IX. Kontrolle. Die eine Hh mit 6 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 5 T., je 2/3 mm lang, und die dritte Hh mit 4 T., je 2/3 mm lang.

1 Minute Tan. Die eine Hh mit 4 T., je 1 mm lang; die zweite Hh mit 5 T., je 1 mm lang, und die dritte Hh mit 6 T., je 1⅔ mm lang. Diese Hh ist besser als die Vorderhälften entwickelt.

3 Minuten Tan. Alle Hh in sehr gutem Zustand. Die zwei von denen sind mit je 6 T., je 1½ mm lang, und die dritte Hh hat 7 T., je 1 mm lang.

5 Minuten Tan. Die zwei Hh mit je 6 und die dritte Hh mit 7 T. von derselben Länge wie in der 3 Minute behandelten Gruppe.

Aus allen diesen Angaben geht mit Sicherheit hervor, daß es uns gelungen ist, durch chemische Einwirkungen den Regenerationsprozeß bei Hydra viridis außerordentlich stark zu heben. Als besonders günstige, die Regeneration stimulierende Mittel erwiesen sich die Lösungen von $MgCl_2$, KJ, Kal. Arsenic., Methylal und Tannin. Es wurden außerdem günstige Resultate mit der Lösung $Mn(NO_3)_2$ 15 ‰, Optimum bei 3 Minuten Behandlung, und mit dem Lösungsgemisch $MgCl_2$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KJ 0,125 ‰ — Optimum bei 3 Minuten erzielt. Es ist anzunehmen, daß dieselben oder andere, früher erwähnte Lösungen auch auf andere Tiere und auch auf den Menschen eine ähnliche belebende Wirkung auf die Regenerationserscheinungen zeigen werden. Es muß natürlich für jeden einzelnen Fall genaue Untersuchung sowohl über die Konzentration der stimulierenden Lösungen, als auch über die Zeit der Einwirkung auf das betreffende Gewebe und der betreffenden Tierart festgesetzt werden.

B. Versuche mit ganzen Hydren

Wenn nun, wie wir gesehen haben, die oben genannten chemischen Mittel eine Hebung der Regenerationsprozesse herbeiführen können, so muß der energischere Lebensanstoß, den wir den behandelten Hydren gegeben haben, nicht nur bis zur Abschließung der Regenerationsprozesse dauern, für solch eine Annahme liegt kein Grund vor, sondern der Lebensanstoß muß auch weiterhin beibehalten werden und sich auf die gesamten Lebensprozesse der behandelten Hydren erstrecken und noch eine Zeitlang nach Abschluß der Regenerationsprozesse wirksam bleiben. Und es war auffallend, daß die behandelten Hydren nicht nur die Tentakeln schneller und in erhöhter Zahl regenerierten als die unbehandelt gebliebenen Kontrollen, sondern daß sie auch im ganzen besser wie die Kontrollen aussahen und von größerem Wuchs als dieselben waren. Diese Beobachtung, die wir bei allen, zu hundert zählenden Versuchen machen konnten, veranlaßte uns, sowohl einige Kontrollen wie auch einige behandelten Hydrengruppen nach vollendeter Regeneration in normale Kulturen von ausgewachsenen Hydren umzuwandeln, um die Wachtstums- und Vermehrungsweise derselben verfolgen zu können. Und es zeigte sich in der Tat, daß unsere Erwartungen erfüllt wurden: die stimulierten Hydren zeigten auch weiterhin ein schnelleres Wachtstumstempo und eine ausgiebigere Knospung als die unbehandelt gebliebenen Kontrollen.

Von diesen Beobachtungen ausgehend, haben wir unsere Stimulationsversuche auf normale ganze Hydren erweitert, indem wir dieselben unter Beibehaltung von entsprechenden Kontrollen mit einigen der bisher erwähnten Stimulationslösungen und bei den

optimal festgestellten Zeiten behandelt und in ihrem Wachstum und Vermehrung weiter verfolgten. Auch bei diesen Versuchen sind zu jeder Hydrengruppe jedesmal gleich viele Daphnien zugesetzt worden, so daß die Nahrungsbedingungen vollständig gleich waren.

1. Stimulationsversuch mit ganzen Hydren. Behandlung mit KJ 0,25 ‰, 3 und 5 Minuten. Drei Gruppen von je drei Hydren. Angesetzt am 11. IX. 1923.

18. IX. In der Kontrolle 5 Hydren, davon 2 mit je 1 Knospe.

3 Minuten. 8 Hydren, davon 2 mit je 1 Knospe.

5 Minuten. 8 Hydren, davon 1 mit 3 Knospen und 1 mit 1 Knospe.

2. Stimulationsversuch mit ganzen Hydren. Behandlung mit Tannin 1 ‰, 3 Minuten lang. Der Versuch am 3. X. mit je 3 gleich großen Hydren angesetzt.

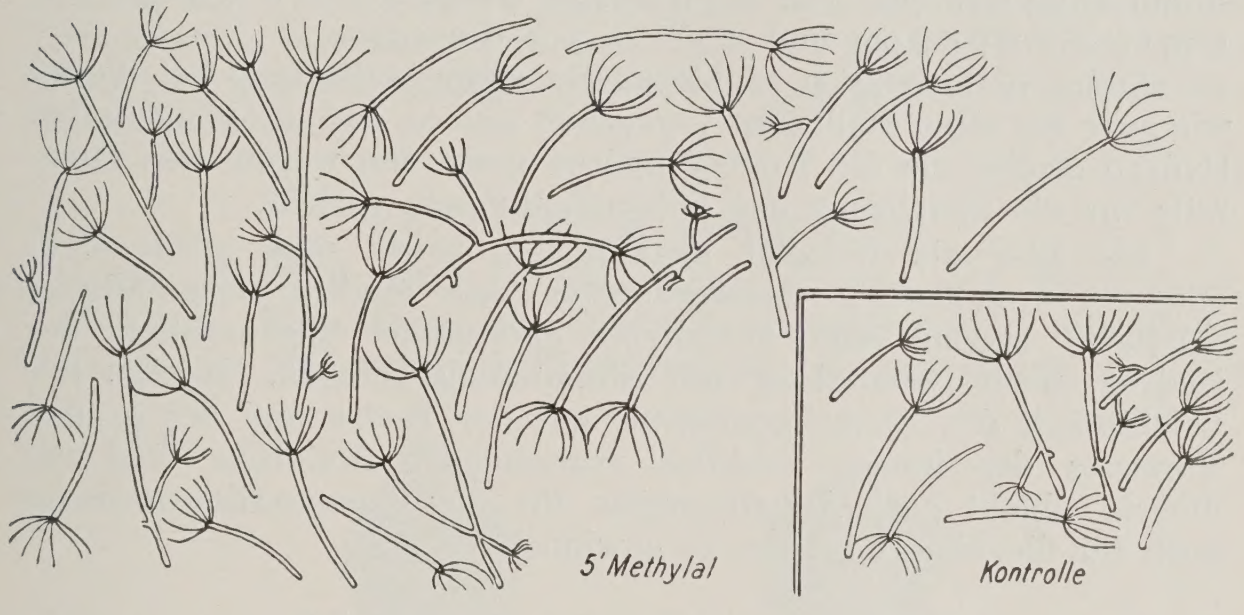


Abb. 10.

15. X. In der Kontrolle 4 Hydren, davon 1 mit 1 Knospe.

3 Minuten. 11 Hydren, davon 3 Hydren mit je 1 Knospe, 1 Hydra mit 2 Knospen und 1 Hydra mit 3 Knospen.

28. X. In der Kontrolle 8 Hydren, davon 2 mit je 3 Knospen und 2 mit je 1 Knospe.

3 Minuten. 54 Hydren, davon 1 mit 4 Knospen, 2 mit je 3 Knospen, 5 mit je 2 Knospen und 8 mit je 1 Knospe.

3. Stimulationsversuch mit ganzen Hydren. Behandlung 3 und 5 Minuten mit Methylal 1 ‰. Angesetzt am 8. X. mit je 3 gleich großen Hydren (Abb. 10).

28. X. In der Kontrolle 9 Hydren, 2 davon mit je 2 Knospen und 1 mit 1 Knospe.

3 Minuten. 21 Hydren, 4 davon mit je 2 Knospen, 1 mit 3 Knospen und 3 mit je 1 Knospe.

5 Minuten. 35 Hydren, 5 davon mit je 2 Knospen und 5 mit je 1 Knospe.

Eine ähnliche Steigerung der Knospung der stimulierten Hydren zeigten auch zirka 20 andere Versuche. Hier wollen wir nur noch einige der Endresultate derselben hervorheben.

4. Stimulationsversuch, angesetzt am 4. XI. mit je 5 Ausgangshydren. Am 25. XI. waren in der Kontrolle 8 Hydren. Während derselben Zeit hatten wir in einem der Versuche, der 5 Minuten lang mit 1 ‰ Methylal behandelt wurde, 16 Hydren, 2 davon mit je 3 Knospen, 2 mit je 2 Knospen und 1 mit 1 Knospe. Die Duplikation des nämlichen Versuches zeigte 12 Hydren, 1 davon mit 3 Knospen, 2 mit je 1 Knospe und 1 mit 2 Knospen.

Während derselben Zeit zeigte die 3 Minuten mit Tannin 1 ‰ stimulierten Gruppe — 21 Hydren, 1 davon mit 3 Knospen, 1 mit 2 Knospen und 3 mit je 1 Knospe.

Außer der merklich rapideren Knospung auffallend bei diesen wie auch bei allen ähnlichen Versuchen war es, daß die behandelten Hydren größer als die Kontrollhydren geworden waren, was ebenfalls für die Steigerung der Lebensfunktionen spricht.

Die hier als Beispiel angeführten, sowie eine große Zahl anderer, systematisch durchgeführter und ähnlich ausgefallener Versuche zeigen eine auffallend energische Regeneration der Hydren, nach Behandlung mit Stimulationslösungen. Infolge der Leichtigkeit des Experimentierens mit der Hydra und des großen Vorzuges des immer reichlich vorhandenen Materials sind bei diesem Objekt gute Anhaltspunkte für die Regenerationsprozesse auch für die höheren Tiere zu gewinnen.

Regenerationsversuche mit Planarien

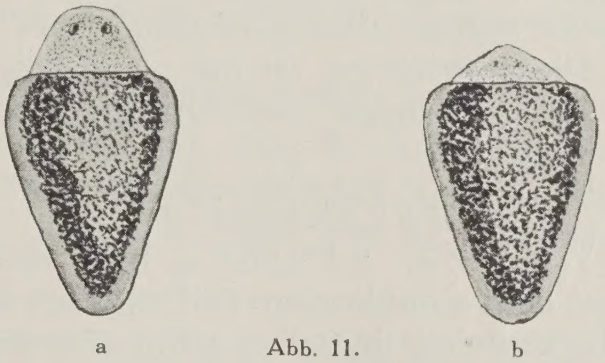
Gute Resultate ergaben auch die Untersuchungen (zusammen mit P. Petkoff, 1923)[1]) an Planaria gonocephala (freilebende Würmer, aus der Gruppe der Turbellarien). Für die Regenerationsversuche wurden die Tiere in der Mitte des Körpers, direkt unter der Mundöffnung, durchgeschnitten, die hinteren Körperhälften einige Minuten lang (verschieden lang für die verschiedenen Stimulationslösungen) in den Stimulationslösungen gebadet und dann in normales Wasser übertragen. Die hinteren Hälften mußten einen vollständig neuen Kopf regenerieren. Die allmähliche Umformung derselben und das Moment des Auftretens und der weiteren Entwicklung der Augen ergaben viele charakteristische Merkmale, welche eine genaue ver-

[1]) M. Popoff und P. Petkoff: Versuche zur Beschleunigung der Wundregeneration an Planaria gonocephala. Zellstimulationsforschungen, Bd. 1, Heft 1, 1924.

gleichende Feststellung des Fortschrittes der Regeneration ermöglichten. Da die Hinterhälften, infolge des Fehlens der Mundöffnung, während des ganzen Regenerationsprozesses sich selbständig nicht ernähren konnten, sondern das Regenerationsmaterial durch vorherige Histolyse vom vorhandenen Gewebe seinen Ursprung nehmen mußte, so waren die Versuchsbedingungen bei allen Tieren die gleichen, um so mehr als für die Versuche gleich gut ausgewachsene Tiere ausgewählt wurden. Auch bei diesen Versuchen zeigte sich deutlich, daß die stimulierten Tiere viel schneller regenerierten, so daß die Ausbildung des Kopfes und der Augen 3—4 Tage früher als bei den Kontrollen vor sich ging, und da die normale Regeneration 10—12 Tage dauert, so bedeutet das eine Kürzung der Regenerationszeit um ein Drittel. Als günstig wirkende Stimulationsmittel erwiesen sich dabei die Lösungen von $MgCl_2$ 15 ‰, KJ 0,5 ‰, Kal. Arsenicosum 0,05 ‰, Glyzerinphosphorsäure $^1/_{16}$ ‰, Glyzerin 2 ‰ + KJ 1 ‰, Tannin 0,25 ‰ + KJ 1 ‰, Acidum formicum $^1/_{16}$ ‰ usw. Die größere Schnelligkeit bei der Regeneration der stimulierten Wunden (in diesem Falle die ganze Hinterhälfte des Körpers) will ich an Hand einiger diesbezüglichen Versuchsprotokolle erläutern.

Versuche mit MgCl 15 ‰

A. Am 7. X. 1923, 11 Uhr vorm., wurden drei Tiere durchschnitten. Eins davon als Kontrolle weitergezüchtet, die Hinterhälften der anderen zwei Tiere dagegen ca. eine Stunde nach der



a Abb. 11. b

Operation 5 Minuten lang in die $MgCl_2$-Lösung getaucht, dann mehrmals gut mit Leitungswasser abgewaschen und in Petrischalen mit den dazugehörigen unbehandelt gebliebenen Vorderteilen getan. In gleicher Weise sind auch alle anderen Planaria-Versuche angestellt und durchgeführt worden.

Am 17. X., 12 Uhr mittags. Beim stimulierten Teil ist die Kopfform infolge der Ausbildung der Seitenhöcker und der halsartigen Verengerung besser ausgeprägt. Die Augen in allen ihren Teilen, sowohl die Pigmentflecken als auch die lichtbrechenden Zellen, vollständig ausgebildet (Abb. 11a).

Bei der Kontrolle — dreieckige Kopfvorwölbung mit den noch schwachen Anlagen von Augenpigmentflecken (Abb. 11b).

Am 18. X., 12 Uhr mittags. Bei den stimulierten Teilen die Regeneration des Kopfes vollendet. Er ist in seiner charakteristischen Form und mit den zwei gut ausgebildeten Augen wiederhergestellt.

Bei der Kontrolle — dreieckige Vorwölbung, gut beweglich, mit stärker ausgebildeten Augenpigmentflecken, aber noch ohne lichtbrechende Teile, wie gestern.

Die vollständige Kopfregeneration bei der Kontrolle, mit gut ausgebildeten Augen wurde erst am 24. X., also 6 Tage später erreicht.

B. Der Versuch angestellt am 24. X. 1923, 4.45 Uhr nachmittags, wie bei A, nur bei einer Behandlungsdauer von 10 Minuten.

Am 2. XI., 4 Uhr nachm. Der stimulierte Teil zeigt schon einen gut ausgebildeten Kopf, an dem man die seitlichen Höcker und die Anfänge der Halsbildung unterscheiden kann. Die Augen fertig ausgebildet, mit dem lichtbrechenden Teil versehen.

Bei der Kontrolle hat sich das Regenerationsgewebe zu einer dreieckigen Vorbuchtung ausgewachsen, mit noch winzigen Augenpigmentflecken.

Am 5. XI., 10 Uhr vorm., bei dem stimulierten Teil sind die Kopfhöcker noch weiter ausgewachsen, so daß der Kopf scharf umgrenzt ist.

Bei der Kontrolle sind die lichtbrechenden Augenteile ausgebildet. Nach 4 Tagen hat auch sie die Regeneration beendet.

Aus diesen und anderen ähnlich verlaufenen Versuchen mit $MgCl_2$ tritt die starke regenerationsfördernde Einwirkung desselben deutlich hervor. Diese Wirkung ist am ausgeprägtesten bei einer Behandlung, die durch Pausen von ein bis zwei Tagen unterbrochen wird.

Versuche mit KJ

Versuch vom 7. X. 1923. KJ 0,25 ‰, Einwirkungsdauer 5 Min.

Am 18. X. Bei dem stimulierten Teil sind die seitlichen Höcker des Kopfes angelegt, wobei derselbe seine charakteristische Form annimmt. Die Augen gut entwickelt, versehen mit dem lichtbrechenden Teil.

In den Kontrollen die Entwicklung merklich weit zurück; nur noch kleine Augenpigmentflecken.

Am 21. X. Bei dem stimulierten Teil ist der Kopf vollständig ausgebildet mit gut entwickelten Augen.

Dieselbe Entwicklung erreichte die Kontrolle erst am 24. X.

Ähnliche Resultate ergaben auch andere KJ-Versuche.

Durch viele Versuche mit Lösungen von 0,5 ‰, 1 ‰ und 2 ‰ KJ bei verschiedenen Einwirkungszeiten wurde festgestellt, daß die Behandlung mit einer Lösung von 2 ‰ 3 Minuten bzw. von 1 ‰

10—15 Minuten die günstigste Einwirkung auf die Regenerationsvorgänge ausübt.

Versuche mit Kal. Arsenicosum

Die vielen Versuche haben ergeben, daß die optimale Stimulationskonzentration bei 0,05 ‰ und bei Behandlung von 10 Minuten liegt, wie dies aus dem folgenden Versuchsprotokoll zu ersehen ist:

13. XI. 1923.

Serie 1 A	behandelt	mit	Kal.	Arsenicosum	0,5 ‰	5	Minuten
Serie 1 B	„	„	„	„	0,5 ‰	10	„
Serie 2 A	„	„	„	„	0,05 ‰	5	„
Serie 2 B	„	„	„	„	0,05 ‰	10	„

Am 16. XI. Bei Serie 1 A ist die Einbuchtung bis zur Hälfte mit Regenerationsgewebe und bei Serie 2 A die ganze Einbuchtung ausgefüllt.

Am besten steht die Regeneration bei Serie 2 B, wo das Regenerationsgewebe schon einen schmalen Vorsprung bildet und die ersten Anlagen von Augenpigmentflecken sichtbar sind. Die Kontrollen sind in den ersten Anfängen der Regeneration.

Am 18. XI. In Serie 2 A ist das Regenerationsgewebe nach vorne gestülpt, noch ohne Augenanlagen. In Serie 1 A und 1 B ist die Regeneration schwächer. In Serie 2 B ist der Vorsprung schon als Kopf formiert und mit gut entwickelten Augenpigmentflecken, aber noch ohne die lichtbrechenden Teile.

Bei den Kontrollen ist die Einbuchtung ausgefüllt, das Regenerationsgewebe zeigt eine schwache Wölbung nach vorne.

Am 20. XI. In Serie 1 A und 1 B Augenpigmentanlagen. In Serie 2 A die Augen besser entwickelt, aber noch ohne die lichtbrechenden Teile.

Bei der optimal stimulierten Serie 2 B (Konzentration 0,05 ‰, Behandlungszeit 10 Minuten) sind die Augen vollständig entwickelt mit gut ausgebildeten, lichtbrechenden Teilen. In den Kontrollen sieht man erst die ersten Anlagen von kleinen Pigmentflecken.

Versuche mit Glyzerinphosphorsäure

Durch viele Versuche wurde festgestellt, daß die am günstigsten stimulierende Konzentration der Glyzerinphosphorsäure bei $^1/_{16}$ bis $^1/_{32}$ ‰, bei Behandlungszeit von 2—3 Minuten liegt. Dies geht aus folgendem Versuchsprotokoll hervor:

7. XI. 1923.

Serie A: Konzentration $^1/_{16}$ ‰, Behandlungszeit — 2,5 Minuten.

Serie B: Konzentration $^1/_{32}$ ‰, Behandlungszeit — 5 Minuten.

Am 15. XI. zeigen die beiden Serien einen gut ausgebildeten Kopf mit fertig ausgebildeten Augen, doch steht Serie B etwas hinter Serie A in der Kopfregeneration zurück. Die Kontrollen lassen noch keine Kopfform erkennen; die ersten Anlagen der Augenpigmentflecken sind angedeutet.

Versuche mit Glyzerin und KJ

Auch bei den Regenerationsversuchen, wie dies der Fall bei anderen Stimulationsversuchen war, bewährte sich die Mischung von Glyzerin 2 ‰ + KJ 1 ‰ als gutes Stimulans, wie dies aus folgendem Versuch zu ersehen ist:

Am 20. XI. 1923 Serie A 5 Minuten lang stimuliert.

Am 20. XI. 1923 Serie B 10 Minuten lang stimuliert.

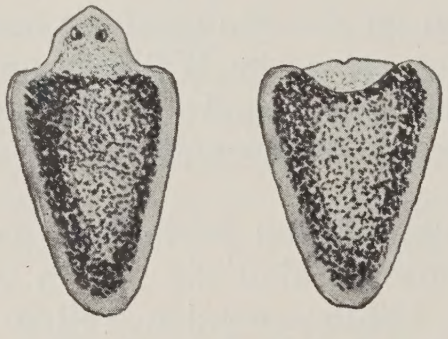
Am 25. XI. bei Serie A bildet das Regenerationsgewebe einen spitzen Vorsprung, auf dem die ersten Anlagen der Augenpigmentflecken zu sehen sind. Bei Serie B erinnert der regenerierte Vorderteil schon an die spätere Kopfform mit gut ausgebildeten Augenpigmentflecken, denen aber der lichtbrechende Teil noch fehlt.

Bei den Kontrollen füllt das Regenerationsgewebe vollständig die Einbuchtung aus und bildet einen kleinen, flachen Vorsprung.

Aus dem Versuch ist zu entnehmen, daß bei der oben angegebenen Glyzerin-KJ-Mischung die beste die regenerationsfördernde Behandlungszeit 10 Minuten ist. Bei einer Behandlungsdauer von 5 Minuten ist die regenerationsfördernde Wirkung noch im Anstieg begriffen.

Versuche mit Tannin + KJ

Durch eingehende Versuche wurde festgestellt, daß die günstigste Stimulations-Kombination bei Tannin 0,25 % + KJ 1 % liegt.



a Abb. 12. b

Die Versuche wurden in drei Serien angelegt am 30. XI. 1923.

Serie A	Einwirkungsdauer	5	Minuten
„ B	„	10	„
„ C	„	15	„

Am 7. XII. Serie B mit fertig ausgebildetem Kopf und mit vollständig entwickelten Augen, versehen mit ihren lichtbrechenden Teilen (Abb. 12a). Bei Serie A zeigt der Kopf die Anfänge der Formung und die Augen die ersten Anlagen der lichtbrechenden Teile. Serie C fast in demselben Zustand wie die Kontrollen (Abb. 12b).

Am 8. XII. Serie B vollständig regeneriert. Derselbe Zustand wird von Serie A am 10. XII. und von den Kontrollen am 14. XII. erreicht. Serie C blieb in den letzten Tagen hinter der Entwicklung der Kontrollen zurück.

Die Versuche zeigten, daß die Einwirkungsdauer von 10 Minuten die optimale ist und daß sich die Stimulation bei 5 Minuten Einwirkung im Anstieg und bei 15 Minuten im Abstieg befindet. Bei dieser letzten Einwirkungsdauer tritt schon die schädigende Wirkung der Überstimulation deutlich zutage: Serie C, die in den ersten Tagen der Regeneration einen schwachen, aber deutlichen Vorsprung vor den Kontrollen hatte, blieb dann allmählich hinter den Kontrollen zurück.

Versuche mit Acidum formicum

Die vielen mit Acidum formicum vorgenommenen Versuche ergaben als optimale Konzentration $^1/_{16}$ ccm 85 ‰ Acidum formicum auf 1 Liter Wasser, und zwar bei einer Einwirkungsdauer von 15 Minuten. Die stimulierten Tiere regenerierten 3 Tage früher als die Kontrollen.

Aus den hier besprochenen Versuchen ist zu ersehen, daß wir durch genaue Dosierung der stimulierenden Mittel und durch genaue Feststellung der optimalen Einwirkungszeit in der Lage sind, sehr wirksam in die Regenerationsprozesse einzugreifen, dieselben günstig zu beeinflussen und zu fördern. Die Regenerationskraft wird, besonders durch einige der oben angewandten Stimulantien, so energisch gesteigert, daß die behandelten Planarien 3—4 Tage früher den Regenerations-, den Wundheilungsprozeß beenden als die unbehandelt gebliebenen Kontrollen. Diese Kürzung der Wundheilung, bei einer normalen Dauer der Regeneration von 10—12 Tagen, um ein Drittel ist eine beträchtliche.

Wundbehandlung bei Pferden

Parallel mit diesen Feststellungen liefen auch Versuche, um die Anwendung der Stimulationsmittel bei der Wundbehandlung von Pferden zu erproben[1]) (ausgeführt in der Militärpferdeklinik zu Sofia — Oktober 1923 bis Juli 1924 unter der Mitarbeit von Sanitätsoberst Dr. Plakidoff). Es wurden dabei ca. 150 Wunden mit folgenden Stimulationslösungen behandelt: Lösung I — $MgCl_2$ 15 ‰; Lösung II — Glyzerin 10 ‰ + KJ 1 ‰; Lösung III — $MgBr_2$ 30 ‰; Lösung IV — Tannin 0,25 ‰ + KJ 1 ‰.

Die frischen Wunden wurden zuerst mechanisch gereinigt, mit Wasser abgespült, dann getrocknet und ohne Hinzufügung von antiseptischen Mitteln 5—7 Minuten lang mit der Stimulationslösung benetzt, und zwar in der Weise, daß feine, in der Stimulationslösung gut getränkte Gaze über die Wunde ausgebreitet und dann noch von der Stimulationslösung auf die Gaze geträufelt wurde, damit alle Teile des Wundgewebes davon getroffen wurden. Je nach der Lage

[1]) M. Popoff: Beschleunigung der Wundregenerationsvorgänge durch Anwendung von Zellstimulationsmitteln. Zellstimulationsforschungen, Bd. II., Heft 1, 1926.

der Wunde konnte die Stimulationsflüssigkeit auch mit einem Bestäubungsapparat auf die Wundfläche gebracht werden. Nach Ablaufen der Stimulationszeit wurde die Wunde mit frischer Gaze getrocknet und meistens offen gelassen, oder wenn das nicht angängig war, leicht trocken verbunden. Dieselbe Behandlung wurde in Zwischenräumen in der ersten Zeit von 3 und später von 4 Tagen, 4—5mal wiederholt. Diese Behandlungsdauer genügte meist, um die Wundgranulation zu heben und die Heilung der Wunde günstig zu beeinflussen. Diese letztere war besonders günstig bei reinen Muskelwunden. Schon nach 2—3maliger Behandlung war das Regenerationsgewebe gerötet und von gesundem Aussehen, die Eiterung ließ nach und hörte allmählich, ohne Anwendung von Antiseptika, auf; es bildete sich über das granulierende Gewebe eine feine Kruste, welche als Wundschutz diente. Gleichzeitig mit dem Auffüllen der Wunde mit neuem Muskelgewebe ging auch die Epithelisierung, von den Rändern anfangend und nach dem Zentrum fortschreitend, von statten. Die auf diese Weise neu ausgebildete Haut zeigte gleich auch eine neue normale Haarbildung, so daß kahle Stellen nicht zurückblieben. Infolge der Belebung des Regenerationsgewebes und der Hebung der Histoimmunität desselben hörte schon nach der 2. bis 3. Applikation des Stimulantes auch die Eiterbildung auf: das regenerierende gesunde Gewebe war kein geeigneter Boden für Bakterien. Die Erreichung dieses Zustandes aber ist von großer Bedeutung, denn es macht die Anwendung von antiseptischen Mitteln überflüssig und die vielfach beobachtete hemmende Wirkung dieser letzteren auf den Fortgang der Granulation könnte vermieden werden.

Bei der großen Zahl der mit Stimulationslösungen auf diese Weise behandelten Wunden konnte die Beobachtung gemacht werden, daß die Stimulantien am günstigsten auf die Muskel- und Bindegewebswunden einwirkten, dieselben zeigten eine rasche Besserung und die Wunde wurde bald mit granulierendem gesunden Gewebe aufgefüllt. Verhältnismäßig langsamer ging dann der Prozeß der Epithelisierung vor sich, die oberflächliche Schließung der Wunde ging nicht in demselben beschleunigten Tempo. Offenbar besteht ein Unterschied in der optimalen Zeit der Einwirkung des Stimulantes für das Muskel- und für das Epithelgewebe.

Auf die Beschreibung von einzelnen Fällen der Stimulationswundbehandlung will ich hier nicht eingehen. Ich begnüge mich, nur die günstige Wirkung derselben hervorzuheben. Das von mir in dieser Richtung bisher Erreichte ist nur ein Anfang, der aber beweist, daß in Verfolgung des Stimulationsgedankens nach dieser Richtung noch vieles zu erreichen sein wird und daß wir durch eine Stimulationswundbehandlung zu einer Beschleunigung der Regeneration kommen werden.

Günstige und ermunternde Erfolge zeigte die Stimulationswundbehandlung auch bei Anwendung in ca. 10 Fällen auf Muskelwunden bei Hunden wie auch in ca. 20 Fällen bei atonischen, schwer heilenden Wunden bei Menschen (Versuche von 1924). Als Stimulationslösungen wurden in diesen Fällen angewandt: 1. $MgCl_2$ 15 ‰; 2. $MgBr_2$ 30 ‰; 3. Glyzerin 10 ‰ + KJ 1 ‰; 4. KBr 5 ‰. Anwendungsdauer 5—7 Minuten, jeden 3. Tag. Die Hebung der Regenerationsfähigkeit bei Menschenwunden war auch diesmal, wie bei meinen Versuchen in den Jahren 1915 und 1916, unverkennbar.

Erwähnen möchte ich in diesem Zusammenhang, daß viele von den jetzt in der Chirurgie bei der Wundbehandlung als Granulations- und Epithelisierungsbeschleuniger angewandten Mittel im Grunde genommen empirisch zusammengestellte Stimulationspräparate sind und daß infolgedessen die damit erzielten Resultate vom Zellstimulationsstandpunkt zu betrachten und zu bewerten sind. Bei solch einer Betrachtungsweise würde sich aber sicherlich vielfach eine Korrektur und eine genauere Präzisierung in ihrer Anwendungsweise ergeben. Eine Änderung würde besonders die Zeitdauer ihrer Applikation nach dem Zellstimulationsstandpunkt erfordern. Die langdauernden Verbände mit solchen Mitteln, wie sie heutzutage vielfach angewandt werden, würden dann einer kurzdauernden und zeitlich genau abgepaßten Behandlungsweise Platz machen, was zur Hebung der Wirksamkeit solcher Präparate führen würde, denn, wie schon oft hervorgehoben wurde, wichtig und unentbehrlich für die Erreichung eines günstigen Stimulationseffektes ist 1. die optimale Dosierung des Stimulantes und 2. das Herausfinden der optimalen Einwirkungsdauer desselben.

Stimulationsmethoden und Gewebezüchtung

Eine lohnende Aufgabe würde es sein, die zellteilungs- und regenerationsfördernde Wirkung der Zellstimulationsmittel durch die Methode der Gewebezüchtung zu untersuchen. Man könnte auf diesem Wege zu beachtenswerten Resultaten kommen, da man es bei der Gewebezüchtung an der Hand hat, die Zellumbildungen und die Wachstumserscheinungen des Gewebes genau zu verfolgen. Vor einigen Jahren, im Jahre 1926, habe ich nach dieser Richtung hin Untersuchungen angeregt, die aber nicht zu einer befriedigenden Ausführung gelangen konnten. Ich wollte nachprüfen lassen, in welcher Weise das Gewebewachstum vor sich gehen würde — 1. bei Stimulierung und 2. ohne vorherige Stimulierung (chemische oder physikalische) der zur Züchtung gelangenden Gewebestückchen. Sicherlich würden sich dabei nach den bisherigen Erfahrungen bei anderen Objekten erhebliche Unterschiede in der Wachstumspotenz herausstellen und so neue Anhaltspunkte für den Wert und die Wirkungsweise der Stimulationsagentien gewinnen lassen.

Andeutungen nach dieser Richtung sind aber schon in der Arbeit von Radsimowska[1]) „Die Wirkung verschiedener Säuren auf die Gewebezellen warmblütiger Organismen" vorhanden (1923). Radsimowska hatte sich als Ziel gesetzt, die Bedeutung der temporären Wirkung der H'-Grenzkonzentration auf das Gewebe der Milz bei Kaninchen festzustellen und hatte zu diesem Zweck die zu züchtenden Stückchen 1/2 Stunde lang in verschiedene Ph-Konzentrationen von Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Zitronensäure, Milchsäure und Essigsäure getaucht, dann in Ringerlösung abgewaschen und in normalen Gewebe-Züchtungskulturbedingungen übertragen. Das Wachstum der behandelten Gewebestückchen wurde mit normalen, unbehandelten Kontrollen verglichen. Da Radsimowska die H'-Grenzkonzentration suchte, welche die Wachstumserscheinungen hemmt, hat sie die schwächeren Konzentrationen der angewandten Mittel nicht genügend detailliert untersucht. Bei den Versuchen mit Phosphorsäure aber hat sie trotzdem zufälligerweise bei den schwachen H'-Konzentrationen Resultate erhalten, welche deutlich die stimulierende Einwirkung der Phosphorsäure hervortreten lassen.

Bei diesen Untersuchungen (234 Kulturen von 9 Kaninchen) wurden Mischungen von Mononatriumphosphat mit Phosphorsäure in verschiedenen Mengenverhältnissen angewandt und es wurde gefunden, daß bei Ph 2,8 bis 2,75 der Tod des Gewebes eintritt, bei Ph 4,2 bis 3,9 ist das Wachstum fast wie bei den Kontrollen, dagegen bei Ph 5,0 bis 4,5 wurde ein üppigeres Wachstum als bei den Kontrollen festgestellt. „Hier ist es notwendig, das reichliche Wachstum der Fibroblasten zu vermerken, welches manchmal in seiner Üppigkeit das Wachstum der Kontrollkulturen übertraf."

Dieses Resultat Radsimowskas ist ein Beleg für die Gangbarkeit des hier vorgezeichneten Weges. Derselbe könnte unter anderem auch zu einer Verbesserung und Vervollkommnung der jetzigen Züchtungstechnik führen: durch die Zellstimulationsbehandlung würden die Lebensfunktionen des zu züchtenden Gewebes angeregt werden und dasselbe in den Stand versetzt, die neuen und ungewöhnlichen Züchtungsbedingungen leichter zu überwinden. Man dürfte annehmen, daß auf diese Weise auch Gewebe unter Kultur genommen werden könnten, welche sich bis jetzt ziemlich refraktär dagegen verhalten haben.

Frühtreibungsversuche

Ein eklatantes Beispiel für Zellstimulationserscheinungen ist das ganze Gebiet der Frühtreibung von Pflanzen und Pflanzenzweigen. Alle die zu diesem Zwecke empirisch gefundenen Frühtreibungsmittel — chemische und physikalische — lassen sich in

[1]) W. Radsimowska: Die Wirkung verschiedener Säuren auf die Gewebezellen warmblütiger Organismen. Biochemische Zeitschrift, Bd. 142, Heft 1—2, 1923.

der Gruppe der Zellstimulationsagentien einreihen. Hierher gehören z. B. die Frühtreibungseinwirkungen durch Ätherdämpfe, Äthylenvergasung, Blausäurevergasung, Alkoholbehandlung (Johannsen, Molisch, Weber, Jesenko u. a.), Äthylendichlorid, Äthylenchlorchidrin (Denny and Stanton), Kalisalze (Jacobi), Zinksulfat, Photokatalysatoren (Anneliese Niethammer), Röntgen- und Ultraviolettbestrahlungen (Winkler u. a.), Radiumbestrahlungen (Stoklasa) usw. In allen Fällen der Frühtreibung haben wir pflanzliche Zellen, welche sich in Winterruhe, in physiologischem Stillstand befinden und durch stimulierende Einwirkungen aus ihrer Erstarrung herausgerissen und zur verfrühten, energischen Entwicklung angeregt werden.

Abb. 13.
a — Injektionen mlt $MgCl_2$; b — Injektionen mit $MgCl_2$ + NaCl; c — Kontrolle.
α — Injektionsstellen.

Zur Bekräftigung der hier vertretenen Auffassung der Frühtreibungserscheinungen als allgemeine Zellstimulationseinwirkungen, die ich im Jahre 1914 zu begründen suchte, habe ich ausgedehnte Versuche in den Jahren 1916 und 1919 bis 1920 unternommen, die ich hier in Kürze erwähnen möchte[1]).

Am 18. Januar 1916 wurden aus ein und demselben Strauch von Syringa vulgaris und aus ein und demselben Ast drei vorjährige Zweige mit noch ganz geschlossenen Winterknospen genommen. Ich injizierte bei dem einen dicht unter jede der zwei Endknospen

[1]) M. Popoff: Künstliche Parthenogenese und Zellstimulantien. Biol. Zentralblatt, 1916; M. Popoff: Exper. Zellstudien V, Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages. Biolog. Zentralblatt, 1923.

eine hypertonische Lösung (ca. 1/4 ccm) von $MgCl_2$ (40 ‰). Den anderen Zweig injizierte ich auf dieselbe Weise mit einer hypertonischen Lösung von NaCl (20 ‰) + $MgCl_2$ (20 ‰), ein dritter Zweig blieb unbehandelt und diente als Kontrolle. (Bei anderen ähnlichen Versuchen wurden auch die Kontrollknospen, und zwar mit gewöhnlichem Wasser injiziert.) Alle drei Zweige kamen dann in ein gemeinsames Glas mit Brunnenwasser. Nach 7 Tagen merkte man schon einen deutlichen Unterschied im Verhalten der Kontrolle gegenüber den Versuchszweigen. Die Kontrolle blieb fast unverändert, während die Knospen der injizierten Zweige angeschwollen waren und auseinandergespreizte Deckblätter zeigten. Am 7. Tag wurden die Injektionen in derselben Weise nochmals wiederholt. Mit jedem weiteren Tag nun wurde der Unterschied zwischen der Kontrolle und den Versuchszweigen größer. Die Versuchszweige gingen, und zwar alle beide fast gleichzeitig, schon am 9. Tage ganz auf und die Blumenknospenanlage wurde frei. Am 14. Tage, wie die beigefügte Zeichnung zeigt, waren die Versuchszweige schon sehr weit entwickelt (Abb. 13), während die Kontrolle zwar in die Länge getriebene, aber noch nicht aufgegangene Knospen zeigte. Von anderen Gesichtspunkten ausgehend, haben vor mir Injektionsversuche mit denselben günstigen Resultaten W e b e r (mit Wasser), J e s e n k o (mit Alkohol und Äther) gemacht.

In den Jahren 1919 und 1920 habe ich, parallel mit meinen anderen Zellstimulationsarbeiten, auch die Frühtreibungsversuche von neuem aufgenommen. Es wurden viele Experimente angestellt, und zwar dieses Mal nicht nur an Flieder-, sondern auch an Roßkastanienzweigen. In den Monaten Dezember, Januar und Februar wurden in verschiedenen Versuchsserien unterhalb der Knospen folgende Lösungen injiziert: $MgCl_2$ (30 ‰), $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰, $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, $MgCl_2$ 20 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 10 ‰, Äther, Natr. arsenic., Kal. arsenic., Strychninum nitr., verschiedene Fettsäuren: Propionsäure, Buttersäure, dann Ameisensäure, Milchsäure, H_2O_2, Kal. hypermang., BaO_2 + MnO_2 u. a. Als Kontrollen dienten auch hier sowohl unbehandelt gebliebene, gleich stark entwickelte, von ein und demselben Ast stammende Zweige, als auch Zweige, deren Knospen an der Basis nur durch die Spritzennadel verletzt oder mit Wasser unter den Knospen injiziert waren. 7 Tage nach der ersten Injektion wurden die Injektionen wiederholt. Es zeigte sich nun, daß die mit Mg-Salzen oder mit Kombinationen mit Mg- und Mn-Salzen behandelten Knospen, wie auch die Knospen, welche mit Äther, Ameisensäure, Milchsäure, schwach mit HCl angesäuertem Wasser und besonders mit Kal. arsenicosum und Strychninum nitr. injiziert wurden, schon nach 10 Tagen eine erheblich stärkere Entwicklung als die gleichzeitig angelegten Kontrollen aufwiesen: während die Versuchszweige schon ganz aufgegangene

Knospen und die Anlage der jungen Blüten zeigten, hatten die Knospen der entsprechenden Kontrollen die Deckblätter kaum gesprengt.

Sehr deutliche und schöne Resultate bekam ich auch bei den Versuchen mit Cyclamen. Durch 3—4malige Injektionen von $MgCl_2$ (30 ‰), BaO_2 + MnO_2 oder Äther in die Knollen brachte ich die Pflanzen zu reichlicherem Blühen. Die Blüten, besonders nach Injektion von Äther, waren größer und prächtiger gefärbt als diejenigen der unbehandelten Kontrollpflanzen.

Hierher gehören auch die neueren Untersuchungen (1927) A. Niethammers[1]) zur Frühtreibung durch Injektion der Knospen von Syringa, Forsythia u. a. mit Zinksulfat bzw. Mn-, Mg-Salze oder durch Baden von Pflanzenzweigen in denselben Stimulationslösungen.

Viele von den in den letzten Jahren erschienenen Untersuchungen über Frühtreibung bei Pflanzen beziehen sich auf Einwirkungen von chemischen Mitteln, die vollauf, allen ihren Eigenschaften nach, zu der Gruppe der Zellstimulationsmittel gehören und durch Versuche von mir oder anderen Forschern als allgemeine Zellstimulantien bekannt sind. So habe ich beispielsweise aus theoretischen Erwägungen heraus, die ich im Kapitel über Samenstimulation näher besprechen werde, die fluoreszierenden Lösungen von Eosin, Resorcin, Phthalsäure, Tannin, Fluorescein u. a. in den Kreis der zellstimulierenden Mittel einbezogen (1922) und ihre, die Lebensfunktionen hebende Wirkung durch Versuche an Euglenencysten, an Seeigeleiern, bei der Samenkeimung und bei Samenfeldstimulationsversuchen nachgewiesen.

Die so eruierte stimulierende Einwirkung dieser Mittel findet nun eine Bestätigung auch in den positiv ausgefallenen Versuchen A. Niethammers (1925) zur Frühtreibung von Pflanzenzweigen, sowie ebenfalls zur Anregung der Samenkeimung. Niethammer faßt diese Mittel in den Kreis der photokatalytischen Körper und untersucht außer Eosin auch die Wirkung von Erythrosin, Methylenblau u. a. Das positive Verhalten dieser Mittel, auch bei Frühtreibungsversuchen, spricht nochmals, wie zu erwarten war, für die von mir hervorgehobenen allgemeinen physiologischen Grundlagen der Zellstimulationseinwirkungen.

Ein anderes Beispiel. Im Jahre 1915 habe ich darauf hingewiesen, daß die inneren Sekrete eine stimulierende Wirkung auf die Zellteilung ausüben müssen und aus theoretischem Interesse Extrakte von Testis (Sperminextrakte) als wundheilendes Mittel angewandt. Die erzielten Resultate waren positiv: die so behandelten Wunden zeigten merkliches Aufleben der Granulation.

---

[1]) A. Niethammer: Über die Wirkung von Photokatalysatoren auf das Frühtreiben ruhender Knospen und auf die Samenkeimung. Bioch. Zeitschrift, 1925. Dieselbe: Zur Frage des Lichttreibens, Bioch. Zeitschrift, 1926. Dieselbe: Die Beeinflussung ruhender Knospen und der Zellteilung durch Thyreoidea und Zinksulfat. Protoplasma, Bd. II, 1927.

Von denselben Überlegungen ausgehend, habe ich im Oktober 1925, zusammen mit meinen Mitarbeitern Paspaleff und Dobreff an Versuchen mit Seeigeleiern nachweisen können, daß die inneren Sekrete, die Hormone, in richtiger Dosierung angewandt, eine zellstimulierende Wirkung ausüben. Durch Einwirkung von Adrenalin bzw. Insulin konnten wir die Seeigeleier zur Teilung (2- bis 8-Zellenstadien) bringen.

In demselben Jahre (1925) konnte, wie an anderer Stelle schon erwähnt, auch Abderhalden die stimulierende Wirkung des Insulins bei der alkoholischen Gärung feststellen.

Diese stimulierende Wirkung der Hormone wird nun auch von A. Niethammer bestätigt. Sie hat gefunden (1927), daß Injektionen von Thyreoidin unter den Knospen von Syringa und Aesculus ein früheres Aufgehen derselben verursachen. Dieselben Resultate hat Niethammer auch erzielt durch Baden von Zweigen von Alnus, Quercus und Tilia in Thyreoidin-Lösungen.

Alle diese Versuche beweisen, wie stark die anregende Wirkung der Zellstimulationsmittel auf die sich in physiologischer Ruhe befindenden Pflanzenzellen und wie energisch die Lebenstätigkeit derselben gehoben werden kann.

Die Resultate dieser Versuche stehen in Parallele mit allen bis jetzt besprochenen Zellstimulationserscheinungen und bringen einen weiteren Beweis für die These der Zellstimulation: ein richtig dosierter, zeitlich begrenzter Reiz ist imstande, die ganze Kette der Lebensprozesse auszulösen und die kontinuierliche Entwicklung derselben bis zu deren physiologischem Abschluß zu veranlassen.

Von der Lehre der Zellstimulation ausgehend und sich die bisherigen experimentellen Feststellungen derselben zunutze machend, würde auch die gärtnerische Praxis an wertvollen Anregungen für die weitere Entwicklung der Frühtreibungsmethoden gewinnen. Die Reichhaltigkeit der nach dieser Richtung zur Verfügung stehenden Stimulationsagentien — chemische wie physikalische — ist eine sehr große und ihre Anwendungsmöglichkeit eine recht mannigfaltige.

Die bis jetzt besprochenen Versuche über die Frühtreibungsmittel zeigen, wie stark die Lebenspotenzen der Pflanzen und folglich der ihnen zugrunde liegenden Atmungsprozesse durch die Anwendung von Zellstimulationsmittel gehoben werden können.

Als Folge solch einer Beschleunigung der Lebensprozesse ist auch die reifefördernde Wirkung der Äthylendämpfe (in Luftverdünnungen des Äthylens von 1:10 000 bis 1:1 000 000) auf die Früchte

aufzufassen. Denny[1]) (1927) hat gefunden, daß unter der Einwirkung des Äthylens die Reifefärbung von Zitronen und Tomaten beschleunigt wird. Diese Wirkung des Äthylens steht im Einklang mit seinen von anderer Seite her bekannten wachstumsfördernden Eigenschaften. Rosa (1925) konnte durch Äthyleneinwirkung die Ruheperiode der Kartoffeln und Wallace (1926) diejenige von ruhenden Gehölzknospen verkürzen, d. h. ebenfalls die darniederliegenden Lebens- und Oxydationsprozesse heben, was eine primäre Eigenschaft aller Zellstimulationsmittel ist.

In diesem Zusammenhang und zur Bestätigung der Behauptung für die vielseitige praktische Ausnutzbarkeit der zellstimulierenden Einwirkungen möchte ich auch auf die Untersuchungen Gassners (1925) über die „Blausäurebehandlung als Stimulationsmittel im praktischen Pflanzenbau" (Angew. Bot. Bd. VII) hinweisen[2]). Gassner hat mit dem Blausäurepräparat Zyklon Begasungsversuche an Apfelsinenbäumen in Valencia durchgeführt und beobachten können, daß „die wachstumsfördernde Wirkung der Blausäure eine außerordentliche war. Die begasten Bäume standen alle in vollem grünen Laub, während die unbegasten wenig oder fast gar nicht getrieben haben". Aber die Unterschiede zwischen begasten und unbegasten Bäumen zeigen sich auch, was besonders wichtig ist, sowohl in der Blüten- als auch in der Fruchtbildung: „Begaste Bäume sind in dieser Jahreszeit (in den Monaten März und April) schon in Blüte, während die nicht begasten Pflanzen gleicher Sorte erst in der Knospenbildung stehen. Ganz allgemein scheint die Blütenbildung durch die Begasung gleichmäßiger und reichlicher zu werden", was darauf hindeutet, „daß die Blausäurebehandlung der Apfelsinenbäume nicht nur vom Standpunkt der Schädlingsbekämpfung aus Vorteile verspricht, sondern gleichzeitig auch eine deutliche Stimulationswirkung ausübt, die sich in einer größeren Wachstumsfreudigkeit der behandelten Bäume in vermehrter bzw. beschleunigter Blütenbildung und damit schließlich auch in einer Steigerung der Erträge bemerkbar macht. Wir haben es hier in der Tat mit einem Fall zu tun, in dem ein Mittel gleichzeitig Pflanzenschutzmittel ist und als Stimulationsmittel zur Steigerung der Ernteerträge verwendet werden kann" (gesperrt von mir). Diese Beobachtung Gassners steht im Einklang mit früheren Feststellungen von mir (1921—1922) über die Vermehrung der Blütenbildung, folglich auch der Samenbildung bei Cyclamen durch stimulierende Injektionen in die Knollen.

---

[1]) Denny, F. E.: The effect of small amounts of chemicals in increasing the life activities of Plants. Proc. of the nat. acad. of sciences (U. S. A.), Bd. 13, Nr. 7, 1927.

Denny, F. E., and Stanton: Chemical tractments for shortening the rest period of pat grown woody plant. Am. Journ. of Bot. 1928.

[2]) Gassner und Heuer: Praktische Anleitung zum Frühtreiben mittels Blausäure. Verlag Paul Parey, Berlin, 1927.

In den hier wiedergegebenen Beobachtungen Gassners, wie dies der Fall auch bei den anderen Frühtreibungsmethoden ist, beschränkt sich die frühtreibende, d. h. die zellstimulierende Wirkung, nicht nur auf das Knospengewebe, wie dies auch Gassner für seine oben angeführten Beobachtungen annimmt, sondern diese zellstimulierende Wirkung erstreckt sich auf den gesamten Pflanzenorganismus inkl. des oberflächlich gelegenen Teiles seines Wurzelsystems durch die in der Erde adsorbierten jeweils zum Fruchttreiben angewandten gasförmigen Mittel.

Im Fall Gassner haben wir auch eine Bestätigung der von mir vertretenen Auffassung, die ich im Kapitel über Samen-(Saatgut-)Stimulierung noch besonders begründen werde, daß unter bestimmten Bedingungen auch eine einmalige kurzdauernde stimulierende Einwirkung genügt, um Reaktionswachstumsvorgänge auszulösen und anzuspornen, die sich bis zur Fruchtbildung fortsetzen und auswirken.

Eine stimulierende Wirkung der Blausäure hat auch Hassebrank[1]) bei Begasung von Kartoffeln festgestellt, und zwar zeigten dabei nicht nur die Triebe (Keimlinge), sondern. was ebenfalls von Bedeutung ist, auch das Wurzelsystem eine erhöhte Wachstumspotenz.

Über stimulierende Wirkungen von schädlingsbekämpfenden Mitteln berichtete Gleisberg im Jahre 1923, und zwar bei Versuchen, die er zur Bekämpfung der Obstmade mit verschiedenen, vor allem arsenhaltigen, Spritzmitteln durchgeführt hat. „Es ergab sich die überraschende Tatsache, daß gewisse Arzneimittel nicht nur eine insektizide, sondern auch eine günstige physiologische Wirkung auf die behandelten Gehölze ausüben“ (Gleisberg — Der Deutsche Erwerbsgartenbau, Dezember 1925).

Ähnliche stimulierende Wirkungen hat Gleisberg auch nach Spritzung von Tomaten und Kartoffeln mit Bodelaiserbrühe beobachtet: die Pflanzen zeigten eine größere Wachstumsfreudigkeit und frischeres Blattgrün. „Vielfach konnte beobachtet werden, daß derartig beeinflußte Pflanzen länger frisch grün blieben, daß sich die Vegetationsperiode verlängerte. Während also bei den unbehandelten der normale Ablauf der inneren Reizwirkungen dem Altersgewebeabbau nicht mehr Einhalt gebieten konnte, hatten die behandelten einen Anstoß erhalten, der den Stoffaustausch änderte“ (Gleisberg — Der Deutsche Erwerbsgartenbau, Dezember 1925).

Alle diese und viele andere ähnlich lautende Beobachtungen einer Wachstumsförderung nach Behandlung mit chemischen Mitteln, die jetzt nach den Auffassungen der Zellstimulationslehre als

[1]) Hassebrank, K.: Über den Einfluß der Blausäure auf die Keimreife von Samen. Angew. Botanik, Bd. X, 1928.

Stimulantien anzusprechen sind, fallen ebenfalls in das große Gebiet der Zellstimulationserscheinungen und dienen als eine weitere Bestätigung der Prinzipien der Zellstimulationslehre.

Denn alle diese Mittel genügen den Anforderungen der Wirkungsweise der Zellstimulationsmittel — sie zeigen die drei schon so oft hervorgehobenen Phasen der Stimulationswirkung: die Phase der anschwellenden Stimulation, die Phase der optimalen Stimulation, die dann bei weiterer Wirkung des Stimulantes in die Phase der abfallenden Stimulation — in die Phase der Schädigung und schließlichen Desagregierung der lebenden Substanz übergeht.

Und auffallenderweise gehören die meisten der aufgefundenen Frühtreibungsmittel in das Bereich der von mir umgrenzten Gruppe von Stimulationsmitteln mit starken Desoxydierungseigenschaften (1921—1922), als welche die Narcotica, Alkohole, Chloralhydrat, Chloroform, Campher, Äthylendichlorid, Acetylen, Blausäure u. a. anzusprechen sind, so daß die Resultate der Frühtreibungsmethoden das Zutreffen meiner theoretischen Auffassungen bestätigen, denen zufolge besonders die desoxydierend wirkenden Verbindungen durch Umstellung und nachträglicher Hebung der Oxydationsprozesse eine stark stimulierende Wirkung auf die Lebensprozesse ausüben.

Und wenn man neuerdings annimmt (Boresch 1928)[1]), daß eine Schädigung der Atmung, in gewissen Grenzen, eine notwendige Voraussetzung für das Eintreten der Frühtreibungseffekte ist (auch die frühtreibende Wirkung des Warmwasserbades erklärt Boresch durch Eintreten einer Sauerstoffnot bei den so behandelten Pflanzen oder Pflanzenzweigen), so nähert man sich dadurch meinen theoretischen Auffassungen über die stimulierenden Eigenschaften der ganzen Gruppe der desoxydierend wirkenden Stoffe, man nähert sich den Erklärungsprinzipien der Zellstimulationslehre: nämlich, daß alle Frühtreibungsmittel ohne Ausnahme Zellstimulationsmittel sind. Als solche sind sie imstande, die mannigfaltigsten Zellstimulationserscheinungen hervorzurufen — wie dies von den vielen in dieser Abhandlung angeführten Experimenten auf den verschiedensten Gebieten der Zellphysiologie zu entnehmen ist.

Stecklingsbewurzelung und Pfropfung nach Stimulation

In Anlehnung an die Versuche über die Stimulationswundbehandlung, welche die belebende Wirkung der Stimulationsmittel auf die somatischen Zellen des Wundgewebes darlegten, wurden auch Versuche zur Hebung der Tätigkeit des wurzelbildenden Pflanzengewebes angestellt (1923 Sofia), um dadurch zu einer kräftigeren Ausbildung des Wurzelsystems und folglich des ganzen weiteren Wachstums des Stecklings zu gelangen.

[1]) Boresch, K.: Zur Analyse der frühtreibenden Wirkung des Warmbades. Bioch. Zeitschrift 1924, 1926.
Derselbe: Frühtreiben und experimentelle Tumorerzeugung. Zeitschr. für experim. Krebsforschung, 1928.

Die Versuche wurden mit Weiden- und Pappelstecklingen ausgeführt.

Im Monat April wurden zu Beginn der Knospenentwicklung vom selben Baum gleichmäßig dicke, ca. 20 ccm lange Stücke, d. h. Stücke, die das gleiche Quantum von Reservenahrung enthielten, herausgeschnitten und in Gruppen zu je drei zu den Versuchen verwendet.

Als Stimulationslösungen wurden benutzt: I. $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰, II. $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰, III. Tannin 1 ‰, IV. Formaldehyd (1 ccm in 1 l H_2O), V. Chinon 1 ‰.

Die Versuche wurden in zwei Serien geteilt:

Serie I: Eintauchen der Versuchsstücke eine Stunde lang ca. 5 cm tief in die Stimulationslösung und dann Übertragen derselben in ein Gefäß mit Leitungswasser.

Abb. 14.

Serie II: Nach der Behandlung wie bei Serie I und nach achtzehnstündigem Verweilen der Stücke in Leitungswasser nochmaliges, diesmal einhalbstündiges Eintauchen in die Stimulationslösung, darauf erneut 18 Stunden in Leitungswasser, abermals eine Stunde in Stimulationslösung und endgültiges Übertragen in das Leitungswasser.

Die Kontrollstücke wurden von Anfang an in Leitungswasser eingetaucht.

Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur, 18—20 ° C, ausgeführt und dauerten ca. 7 Wochen, vom 20. April bis 13. Juni.

Sie zeigten folgendes Ergebnis:

Die Versuchsstücke der Serie I entwickelten sich besser als die Kontrollen und ergaben auch stärkere Triebe; weit günstiger und ausgeprägter waren aber die Resultate der Serie II. Die behandelten Versuchsstücke entwickelten fast doppelt so lange, kräftigere

Triebe mit großen, zahlreichen — fast doppelt so vielen — üppig entwickelten Blättern, wie aus Abb. 14 zu ersehen ist.

Nicht mindere Unterschiede zeigte auch die Ausbildung des Wurzelsystems. Die Versuchsstücke hatten längere, reichlicher entwickelte Wurzeln, deren Maße, wie die Abb. 14 ebenfalls zeigt, fast einundeinhalbmal so groß wie bei den Kontrollstücken war. Und eben auf diese reichlichere Wurzelentwicklung ist in erster Linie auch die üppigere Ausbildung der Triebe zurückzuführen. Die Resultate wurden in dreimaliger gleichzeitiger Wiederholung des Versuches in gleicher Weise mit den Lösungen I und II erzielt. Die Lösungen III, IV und V, ebenfalls in anderen Fällen erprobte Stimulationsmittel, haben wahrscheinlich aus mangelhafter Detaillierung und Ausarbeitung der Versuchsbedingungen keine nennenswerten Unterschiede ergeben.

Unabhängig von diesen Versuchen wurden in demselben Jahre in Proskau von Prof. Dr. G l e i s b e r g Stecklingsbewurzelungs- und Pfropfversuche unter Prüfung der Wirksamkeit zellstimulierender Substanzen auf das kambiale Gewebe angestellt. Bei diesen Versuchen kam es vor allem darauf an, die Kallusbildung anzuregen bezw. zu beschleunigen. Die Frage ist für den Gartenbau, wie Gleisberg darlegt, dessen Ausführungen ich im folgenden wörtlich wiedergebe, „von großer Bedeutung". Es gibt Gehölze, bei denen Steckhölzer sehr schwer oder praktisch gar nicht wurzeln. Andererseits ist der Pfropferfolg vielfach dadurch in Frage gestellt, daß Wundkallusbildung ausbleibt, in nur geringem Maße erfolgt oder zu krebsartigen Geschwülsten führt, so daß die Veredelungsstelle Angriffsherd für Parasiten wird. Gelingt es durch günstige Stimulationsbehandlung, das meristematische Gewebe zur kallosen Vernarbung der Schnittwunde bei Steckreisern und zur Adventivwurzelbildung sowie zur Vernarbung der Pfropfstelle, sei es durch Beeinflussung der Unterlage, sei es durch Reizung des Edelreises, bei Pfropfreisern zu bringen, so müßte eine Überstimulation auch in der Lage sein, krebsartige Kallusbildungen auf ein normales Maß herabzudrücken.

Die Proskauer Versuche gingen also von den praktischen Erwägungen aus, die sich zum Teil an die Diskussion der Unterlagenfrage anschließen.

Stecklingsversuche wurden mit Steckreisern verschiedener Apfel- und Birnenkultursorten und mit Reisern von Morus alba und nigra angestellt, Pfropfversuche mit Edelreisern von Apfelsorten auf Doucin-Unterlage.

Die Stecklingsbewurzelungsversuche sollten einerseits die allgemeinen Fragen beantworten, ob gegenüber der Flüssigkeit an sich, also gegenüber dem benutzten Leitungswasser als Vergleichsbasis das Stimulans in der Lösung zu günstiger Reaktion führt. Diese Versuche — Apfel- und Birnenstecklingsbewurzelung — rechneten

noch nicht mit der Tatsache einer Stimulationswirkung des Proskauer Wassers. Andererseits — Morus-Versuche — wurde eine unbehandelte Kontrolle mit einer Wasserbehandlung und einer Lösungsbehandlung von gleicher Dauer verglichen. Den Pfropfversuchen lagen die Fragen zugrunde: 1. ob bei unbehandelter Unterlage ein im Vergleich zu einer Anfeuchtung mit gewöhnlichem Leitungswasser mit Stimulierungslösung angefeuchtetes Reis — wie bei den Stecklingsversuchen — besser mit der Unterlage verwächst, 2. ob die Verwachsung durch Stimulationsreiz auch auf das Kambiumgewebe der Unterlage gefördert werden kann.

A. Stecklingsbewurzelung:

Die Stecklinge von Morus alba und Morus nigra waren — je 50 bei alba und je 25 bei nigra — trocken (bzw. unbehandelt), 30 Minuten im Leitungswasser getaucht und 30 Minuten in eine Lösung von $MgCl_2$ + $MgSO_4$ (30 ‰) getaucht, im Warmhaus gesteckt.

Die mit Mg-Lösung und Wasser behandelten trieben relativ stark aus, die unbehandelten blieben schwach belaubt.

Die Untersuchung auf Kallus- und Wurzelbildung ergab:

	Wasser 30 Min.		Mg-Lösung 30 Min.		unbehandelt	
	Kallus	Wurzel	Kallus	Wurzel	Kallus	Wurzel
Morus alba	10	2	32	10	5	—
Morus nigra	4	—	11	3	2	—

Wenn auch der Versuch nur als Tastversuch gewertet werden kann, nicht genügend umfangreich ist, um ein endgültiges Urteil zu ermöglichen, so scheint doch eine fördernde Wirkung der Mg-Lösung hinreichend erwiesen.

Wie bei anderen Stecklingsversuchen erwies sich auch hier die Behandlung mit Proskauer Wasser als günstig.

B. Pfropfung: je 25 Reiser von Lord Grosvenor, Cox Orangen Rtte., Goldparmäne, Baumanns Rtte., Charlamowski und die dazugehörigen Doucin-Unterlagen (bewurzelte Steckreiser, die ausgewurzelt im Zimmer veredelt wurden) wurden folgendermaßen zu je fünf Stück vor der Pfropfung behandelt (12. IV):

a) Reiser 45 Minuten in $MgCl_2$-Lösung (30 ‰), Unterlage unbehandelt,

b) Reiser 45 Minuten in Leitungswasser, Unterlage mit $MgCl_2$-Lösung befeuchtet,

c) 45 Minuten in $MgCl_2$-Lösung (30 ‰), Unterlage mit $MgCl_2$-Lösung befeuchtet,

d) 45 Minuten in Leitungswasser, Unterlage unbehandelt.

Ergebnis am 1. VII.:

	a)		b)		c)		d)	
	Trieb[1])	gut vernarbt Stück	Trieb[1])	gut vernarbt Stück	Trieb[1])	gut vernarbt Stück	Trieb[1])	gut vernarbt Stück
Lord Grosvenor	(+)	5	+	5	+ +	5	—	5
Cox Orangen Rtte.	—	3	(+)	3	+ +	4	—	3
Goldparmäne . .	(+)	5	+	4	+	5	(+)	3
Baumanns Rtte.	(+)	4	(+)	5	+	5	—	5
Charlamowski .	(+)	3	(+)	4	+ +	4	(+)	3

Wenn auch hier die Individualität des Versuchsmaterials — wie die allgemein weniger günstigen Resultate bei Cox Orangen Rtte. und Charlamowski zeigen — das Ergebnis hinsichtlich der Fragestellung etwas verwischt, weist das überwiegend günstige Austreiben und die durchschnittlich beste Vernarbung bei der Reis- und Unterlagenbehandlung mit $MgCl_2$-Lösung, einer Versuchsanstellung in großem Maßstabe die Richtung."

Gemeinsame Versuche

In Spaeths Baumschulen, Berlin, wurden im Jahre 1924 Stecklingsbewurzelungsversuche mit Augenstecklingen von Wein, mit Taxus- und Cryptomeria-Stecklingen angesetzt, durch die die Reaktion dieser Holzarten auf Stimulantien erprobt werden sollten.

In weiterer Verfolgung derselben Fragestellung wurden gleichzeitig mit den Stecklingsversuchen auch Laboratoriumsversuche mit Mohrrübenscheiben angestellt.

Einige dieser neueren Versuche lassen vorläufige Schlüsse zu, die erneut für die praktische Möglichkeit einer Kallus- und Bewurzelungsanregung durch Stimulantien sprechen.

a) Möhrenscheibenversuche

Magnus hat in gemeinsamen Untersuchungen mit Friedemann, Bendix und Hassel[2]) die Tumorbildung an Pflanzen mit verschiedenen Stämmen des Bacterium tumefaciens geprüft. Er benutzte dazu unter anderem Quer- und Längsschnitte von Zuckerrüben, die in Petrischalen ausgelegt wurden, die mit feuchtem Fließpapier ausgekleidet waren. Nach acht Tagen zeigten sich auf den mit pflanzenpathogenen Stämmen geimpften Rübenschnitten „kleine Zellprotuberanzen, die bald an Umfang zunahmen, so daß sie nach etwa 3 Wochen einen Durchmesser von etwa 5 mm erreicht hatten . ."

[1]) Im allgemeinen sehr stark: + +, im allgemeinen stark: +, im allgemeinen schwach: (+), im allgemeinen sehr schwach: —.

[2]) Magnus, W., Der Pflanzenkrebserreger. Zeitschr. für Hygiene und Infektionskrankheiten, 1915. Durch Bakterien hervorgerufene Neubildungen an Pflanzen. Sitzber. d. Ges. natf. Frde. Berlin, 1915.

Friedemann, V., und Magnus, W., Das Vorkommen von Pflanzentumore erzeugenden Bakterien im kranken Menschen. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1915.

Dabei ist es schwierig, zwischen Tumor- und Kallusbildung zu unterscheiden. Normale Kallusbildung ist bei derartigen Rübenschnitten besonders stark am Gefäßbündelring. „Auf Schnitten, die der Region des Wurzelhalses entstammen, sind sowohl Kallus- wie Tumorbildung am ergiebigsten. Der Kallusbildung entsprechend ist auch die Tumorbildung an der morphologisch nach oben gekehrten Seite der Schnitte gefördert. Je mehr die Rübe sich dem erwachsenen Zustand nähert, desto geringer ist die Wundgewebebildung. In gleicher Weise nahm ... nach dem Herbst zu die Ausgiebigkeit der Tumorbildung erheblich ab. Aber auch in den letzten Versuchen, die Mitte Dezember angestellt wurden, ließ sich noch eine genügend deutliche Tumorbildung feststellen."

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Magnus zeigen, daß die Rübenquerscheibe ein zwar sehr brauchbares, aber nicht ideales Objekt darstellen. Die individuellen Unterschiede in der kallusbildenden Kraft der verschiedenen Schnitte sind mannigfach und groß.

Um diese in der Individualität der Rübe begründete Schwierigkeit der Versuchsanstellung einigermaßen zu beheben, wurden die Schnitte für jede Behandlungsart getrennt einer Rübe entnommen und noch einmal durchgeschnitten, so daß von jedem Schnittstück eine Hälfte zur Behandlung und eine Hälfte als unbehandelte Kontrolle zur Verfügung stand. Auf diese Weise konnten Individualunterschiede der Rüben und der Schnitte an der Reihe der parallel zur Behandlungsreihe angesetzten Kontrollreihe geprüft werden.

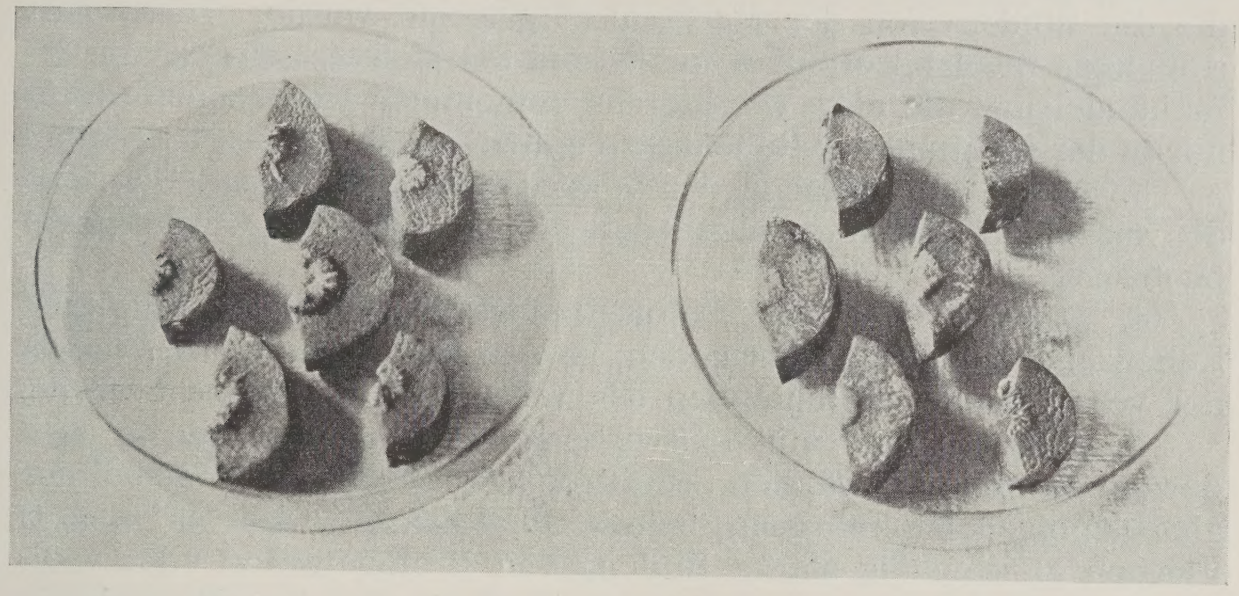
Hier sei nur zur prinzipiellen Begründung und Illustrierung der Stimulierungswirkung auf Kambiumgewebe ein Versuch herausgegriffen.

Am 29. III. 1924 wurden die Rüben in folgender Weise zum Versuch angesetzt:

Für jede Behandlungsart wurde eine Rübe in eine Anzahl von ca. 1 cm dicke Scheiben zerschnitten und vor allem das nach Magnus' Feststellung zur Kallusbildung besonders geneigte obere Rübenende benutzt. Die obere, dem Sproßende zugekehrte Schnittfläche wurde bei jeder Scheibe durch eine Kerbe bezeichnet. Senkrecht zu dieser Kerbe wurde jede Scheibe noch einmal in zwei Hälften geteilt. Die halbierten Scheiben einer Rübe wurden teils mit Leitungswasser kurz abgespült, um mit Haberlandt zu verhindern, daß auf den Wundflächen „gewisse Zersetzungsprodukte der getöteten und verletzten Zellen als teilungsauslösende ‚Wundhormone' fungieren", teils mit folgenden Lösungen je 10, 20, 30, 40 und 50 Minuten behandelt: 1. $MgCl_2$ 8 ‰ + $MnSO_4$ 12 ‰, 2. $MgCl_2$ 7 ‰ + $MgSO_4$ 14 ‰, 3. Chinaldin 0,25 ‰, 4. Chinaldin 0,25 ‰ + KBr 0,25 ‰. Die behandelten Scheiben wurden nach der Behandlung ebenfalls kurz mit Leitungswasser abgespült. Die so behandelten Scheibenhälften kamen in Petrischalen, in deren beiden

Schalenhälften eingelegtes Filtrierpapier mit je 2 ccm Leitungswasser befeuchtet wurde (Abb. 15).

Nach Ablauf von 4 Wochen ergab sich folgende Wirkung der Stimulationsbehandlung:



1 2

Abb. 15. Möhrenscheiben mit Kalluswucherungen am Gefäßbündelring (15. V. 24).
1 = behandelt mit $MgCl_2$ 7 ‰ + $MgSO_4$ 14 ‰ 40 Minuten. 2 = unbehandelt.

1 2

Abb. 16. Möhrenscheiben mit Kalluswucherungen am Gefäßbündelring und Zellhaaren aus dem parenchymatischen Gewebe (weißer Filzbelag): 29. IV. 24.
1 = behandelt mit $MgCl_2$ 8 ‰ + $MnSO_4$ 12 ‰ 20 Minuten. 2 = unbehandelt.

1. Die mit Lösung 1 und 2 behandelten Scheibenhälften wiesen erheblich größere Unterschiede gegenüber den Kontrollhälften auf als die mit Lösung 3 und 4 behandelten.

2. Zum Teil äußerte sich die Wirkung der Stimulationsbehandlung in verstärkten kallosen Wucherungen und Protuberanzen am Gefäßbündelring (Abb. 15), zum Teil in verstärkter Ausbildung von Zellfäden aus den Parenchymzellen der Schnittflächen (Abb. 16) und schließlich in Gewebezerreißungen im Gefäßbündelring, durch die die Rinden- von der Markschicht getrennt wurde. Diese Zerreißungen erfolgen offenbar auf Grund der Zellvermehrung im Gefäßbündelring, die also, wie hieraus entnommen werden muß, nicht nur in der Richtung der Rübenachse eintritt, sondern auch tangential.

3. Starke Unterschiede der verschiedenen Scheibenhälften aus den morphologisch verschiedenen Regionen der Rübe wurden nicht beobachtet.

4. Dagegen war das Kallusbildungsvermögen der einzelnen Rüben offenbar stark verschieden, so daß innerhalb der Zeitreihen der verschiedenen Stimulantien das Wirkungsbild verwischt wurde.

5. Entgegen der Infektionswirkung bei Magnus, die je nach der zur Infektion gewählten Schnittfläche wechselt, tritt hier bei der gleichsinnigen Beeinflussung beider Schnittflächen nicht auf beiden Flächen gleichmäßig starke Bildung von Protuberanzen oder wallförmigen Gewebewucherungen ein, sondern die dem Wurzelende zugekehrte Fläche bleibt bevorzugt.

Die hier mitgeteilten Resultate wurden später (1925) durch Untersuchungen von Gleisberg nochmals an Möhrenpfropfungsversuchen bestätigt und erweitert. Er benutzte dabei als Stimulationsmittel die Lösungen: $MgSO_4$ 5 ‰ + $MgNO_3$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰; Resorcin 2 ‰ und Orange Tannin 1 ‰. Besonders wertvoll sind dabei auch die detaillierten, histologisch-mikroskopischen Untersuchungen Gleisbergs[1]) an den durch die Stimulantien hervorgerufenen Wundgewebewucherungen. Er führt aus: „wesentliche anatomische Unterschiede zwischen Wundgeweben aus nicht behandelten und mit Lösungen vorbehandelten Möhrenscheiben gibt es nicht." Diese Feststellung ist bedeutsam, denn sie zeigt uns, wie ich schon im theoretischen Teil ausgeführt habe, daß die Stimulationswachstumsprozesse eine Aktivierung und Intensivierung der normalen physiologischen Prozesse darstellen und die Hebung eines normalen Zustandes bedeuten.

b) Augenstecklinge von Wein

Mit 2×100 Augenstecklingen, die sachgemäß in Spaeths Baumschulen (Berlin) hergerichtet wurden, haben wir am 10. IV. 1924 sofort nach Fertigstellung 2 Versuchsreihen mit Stimulans I $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 15 ‰ und II Chinaldin 0,25 ‰ angesetzt. Die Lösung hatte eine Temperatur von 30° C. Die Stecklinge wurden vollständig in der Lösung untergetaucht und verblieben in I 20, 30, 45 und

[1]) Gleisberg, W.: Wundgewebebildung bei Rüben und Gehölzreisern. Zellstforsch., Bd. I, Heft 4, 1925.

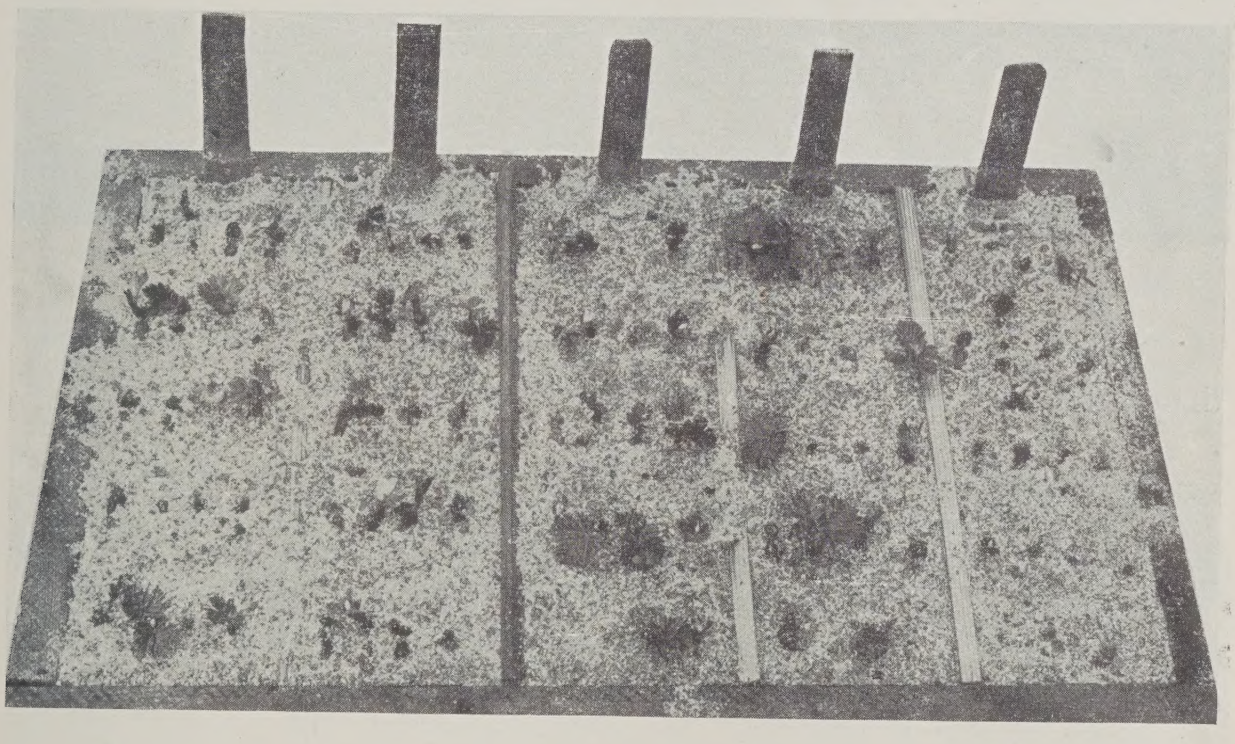
60 Minuten, in II 5, 10, 15 und 20 Minuten. Unmittelbar nach der Behandlung wurden die Stecklinge (je 20 Stück) zusammen mit einer unbehandelten Kontrolle (do. 20 Stück) durch Angestellte von Spaeths Baumschulen sachgemäß in Handkästen in Sand gelegt und in einem Vermehrungshause bei üblichen Kulturbedingungen aufgestellt.

Eine Feststellung der Entwicklung 3 Wochen später ergab folgendes allgemeine Bild:

Kontrolle	I 20′	I 30′	I 45′	I 60′
sehr klein	gut	besser	Optimum	Abfall

Kontrolle	II 5′	II 10′	II 15′	II 20′
nichts	Optimum	gut	gut	Abfall

Besonders in dem Versuch mit I (Abb. 17a, b) war die Blattbildung in den günstigen Behandlungsreihen auffallend kräftig.



1.
Abb. 17a. 1. Stimulierungsversuch mit Augenstecklingen von Wien. Bei 1 Kontrolle unbehandelt. Behandlung mit Stimulans I 20, 30, 45 und 60 Minuten.

Ebenso überragten diese Reihen die Kontrollen in der Sproßlänge nicht unerheblich.

Leider stand der Kasten mit dem I-Versuch eine Zeitlang — zwischen erster und zweiter Aufnahme — unter tropfendem Wasser, so daß in größerem Umkreis die 30-Minuten- und 45-Minuten-Reihe, ein wenig auch die 20-Minuten-Reihe, zu Schaden kamen. Bei der Aufnahme am 24. V. (Abb. 17b) ist daher das Wirkungsbild von I

durch eine Lücke abgestorbener Pflanzen (Abb. 17b im Hintergrunde in der Mitte des Kastens) verwischt. Trotzdem ist aus der Gesamt-

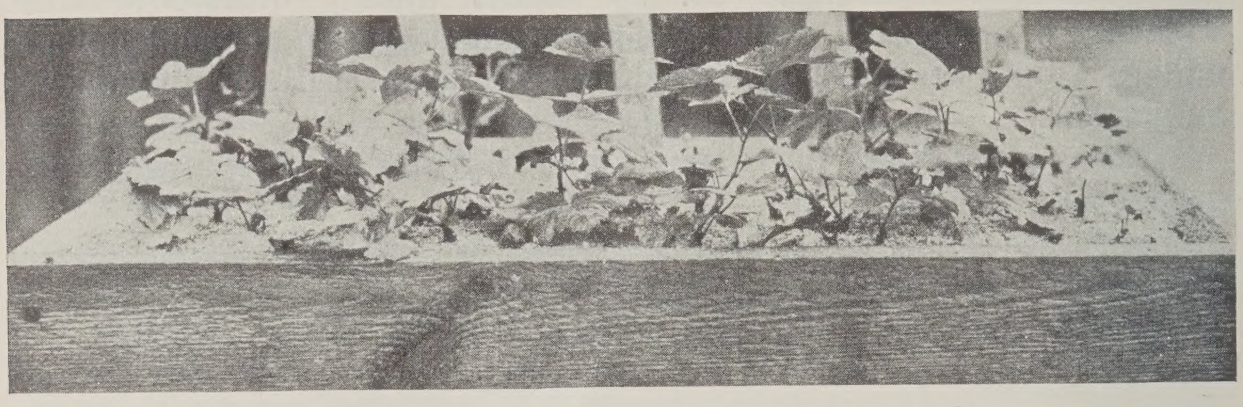


Abb. 17b. Derselbe Versuch wie 17a (3 Wochen später). Im Hintergrund der Mitte Ausfall durch Fäulnis. Stimulans I.

entwicklung auch bei I, noch besser bei II (Abb. 18a, b), die günstige Weiterentwicklung im Sinne der ersten Ablesung zu ersehen.

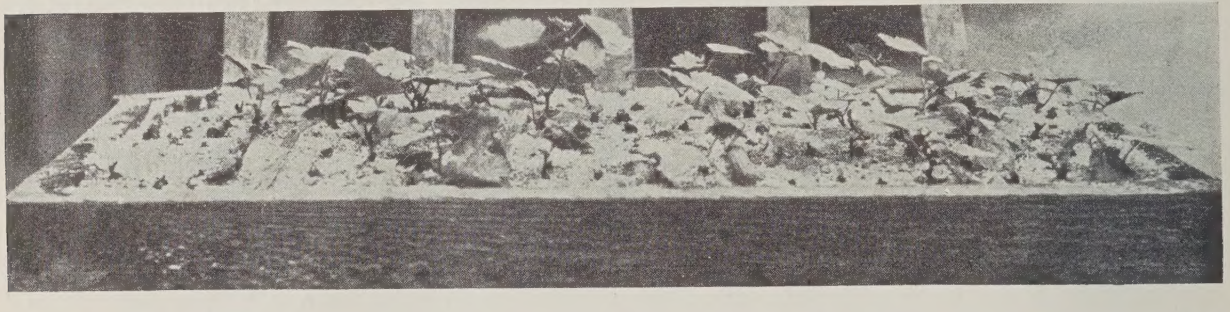


Abb. 18a. 3 Wochen alter Versuch Stimulans II.

Noch besser kommt das aber in der Abbildung 18b zum Ausdruck, auf der die günstige Wurzelentwicklung einiger stimulierter

Abb. 18b. Stand der Wurzelbildung des Versuchs am Tage der Aufnahme 18a (Behandlung 20 Min. fehlt). Stimulans II.

Reihen in die Augen springt. In dem II-Versuch ist die 20-Minuten-Reihe nicht auf dem Bild. Sie zeichnete sich durch sehr starke Blattentwicklung, aber schwache — der Kontrollreihe ähnliche — Wurzelbildung aus.

Bei dem Ergebnis, das im übrigen natürlich durch die Individualität der Stecklinge beeinträchtigt wird, ist der scharfe Unterschied der behandelten gegenüber den unbehandelten Reihen bis auf die offenbar überstimulierte Reihe mit höchster Einwirkungszeit bei beiden Stimulantien unbedingt festzustellen. Das zeigt auch nachfolgende zahlenmäßige Aufnahme, bei der die Stecklinge nach fehlender Kallusbildung, Kallus- und Sproßbildung, Kallus-, Sproß- und Wurzelbildung geordnet wurden. Außerdem wird bei I die Anzahl der bei jeder Behandlungsart vorhandenen Hauptwurzeln, bei II die der Blätter und der Hauptwurzeln angegeben. Infolge des Unfalls mit dem I-Versuch gäbe die Blattanzahl ein falsches Bild. Die Stecklinge mit Kallus- und Wurzelbildung bei I sind offenbar zu den mit Kallus-, Sproß- und Wurzelbildung zu rechnen, da bei ihnen nachträglich der Sproß verfault ist. Wenn auch das zahlenmäßige Ergebnis durch den Ausfall leidet, ist es doch immerhin bemerkenswert.

	Ohne Kallus	Mit Kallus	Kallus verfault	Kallus- und Sproß-bildung	Kallus-, Sproß- u. Wurzel-bildung		Anzahl der Blätter	Anzahl der Haupt-wurzeln
Kontrolle	1	4	2	5	10	ohne Sproß	z. T. geschädigt	16
I 20′	1	1	1	2	13	3		**37**
I 30′	8	2	2	—	5	5		24
I 45′	2	3	—	—	8	7		29
I 60′	6	3	—	1	11	—		22

	Ohne Kallus	Mit Kallus	Kallus verfault	Kallus- und Sproß-bildung	Kallus-, Sproß- u. Wurzel-bildung	Anzahl der Blätter	Anzahl der Haupt-wurzeln
Kontrolle	2	12	2	—	6	16	7
II 5′	4	3	1	3	10	35	**21**
II 10′ . . .	2	11	1	2	5	21	10
II 15′ . . .	5	3	3	2	10	33	10
II 20′ . . .	3	3	—	8	6	40	7

Weinstecklinge sind insofern kein besonders günstiges Objekt für die vorliegenden Untersuchungen als sie leicht Kallus und Wurzeln bilden. Günstiger sind Taxus und Cryptomeria.

c) Taxus- und Cryptomeria-Stecklinge

Am 10. IV. wurden zugleich mit der Weinstecklings-Behandlung je ein Versuch mit Taxus mit dem Stimulans I $MgSO_4$ 15 ‰ + KBr 0,25 ‰ (20, 30, 45 und 60 Minuten) und mit Cryptomeria mit Stimulans II Chinaldin 0,25 ‰ (10, 20, 30 und 40 Minuten) angesetzt.

Beide Versuche zeigten schon 3 Wochen später auffällige Unterschiede zwischen den unbehandelten Kontrollen und den Stimulationsreihen (Abb. 19a). Bei den Stimulationsreihen waren die Knospen schon aufgebrochen. Zum Teil war schon eine Streckung der Sproßachse erfolgt. Auf Abb. 19a sind die sich entwickelnden Knospen als helle Punkte besonders in der zweiten Reihe (Behandlungszeit 20 Minuten) zu erkennen.

1.
Abb. 19a. Stimulierung von Taxus-Stecklingen (Stimulans I). Bei 1 Kontrolle unbehandelt. Im Gegensatz zur Kontrolle bei den ersten beiden Stimulierungsreihen zahlreiche als helle Punkte kenntliche austreibende Augen.

Am 24. V. (Abb. 19b) unterschieden sich die 20- und 30-Minuten-Reihe durch lange helle Sprosse wesentlich von den anderen. Am meisten fiel die Kontrolle ab. Bei sämtlichen Behandlungsreihen zeigte sich bei Stichproben eine günstige Kallusentwicklung. Feststellungen über Wurzelbildung wurden nicht gemacht.

Ähnlich günstig für die stimulierten Reihen liegen die Verhältnisse bei Cryptomeria.

So weit unsere Versuche.

Eine günstige Wurzelwachstumsanregung erzielte Wolkenhauer[1]) (1924) durch Stimulierung der Wurzel junger Keimlinge

[1] Wolkenhauer, W.: Über den Einfluß von Reizstoffen auf das Längenwachstum der Wurzeln. Bot. Archiv, 1924.

mit Orange-G-Lösung, und zwar in Konzentrationen 0,01, 0,1, 0,3, 0,5 und 1 ‰. Die Stimulation tritt ein, nicht nur bei dauerndem Eintauchen der Wurzeln in die Stimulationslösung, sondern auch bei kurzbefristeter Behandlung, wie ich dies als eine allgemeine Eigenschaft der Stimulationsmittel überhaupt, postuliert habe. Z. B. betrug die Behandlungszeit für die Wachstumsbeschleunigung von Roggenwurzeln mit einer 0,1 ‰ Orange-G-Lösung 48 Stunden. Eine ähnliche Beschleunigung der Wachstumsintensität zeigten die Roggenwurzeln auch bei Behandlung mit einer 0,0005 ‰ Lösung von $CuSO_4$. Bestätigende Ergebnisse für unsere Befunde bringen außerdem die Versuche Mayers[1]) mit Evonymusstecklingen (1926). Bei Ein-

1.
Abb. 19b. Derselbe Versuch wie 19a. Starker Austrieb besonders in der Stimulierungsreihe neben der Kontrolle. Stimulanus I.

tauchen der Stecklinge in eine Lösung von $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰, eine bzw. zwei Stunden, konnte eine Förderung der Wurzelbildung beobachtet werden, und zwar die beste Entwicklung in bezug auf Wurzelbildung und vegetatives Wachstum zeigten die zweistündig behandelten Stecklinge, denen dann die Stecklinge folgten, die eine Stunde behandelt waren.

Über bestätigende günstige Erfolge von Stecklingsbewurzelung bei Anwendung von Mg- und Mn-Salzen berichtet auch Kobel[2]) (1926). Die behandelten Stecklinge zeigten eine Förderung der Wurzelbildung an Zahl und Gesamtlänge.

[1]) Mayer, L.: Stimulationsversuche mit Evonymusstecklingen. Die Gartenwelt, 1926.

[2]) Kobel, F.: Versuche zur Stimulation von Samen und Stecklingen mit besonderer Berücksichtigung der Rebe. Landw. Jahrbuch der Schweiz, 1926.

Alle diese bestätigenden Ergebnisse stehen in vollkommener Parallele mit den bis jetzt erwähnten Stimulationsversuchen und sprechen für die Reaktionsfähigkeit der verschiedensten Pflanzenorgane auf Zellstimulationseinwirkungen.

Zu ähnlichen Resultaten führten auch die Stecklingsbewurzelungsversuche von Thiem[1]) (1927) an Blindreben, wie auch die Stimulationsversuche an Wurzelreben. Als besonders günstig wirkendes Stimulans hat sich dabei der Schwefelkohlenstoff erwiesen, dessen wachstumsfördernde Eigenschaften bei den Desinfektionsversuchen der phylloxeraverseuchten Reben schon seit langem aufgefallen waren. „Theoretisch ist der Nachweis der stimulierenden Wirkung des Schwefelkohlenstoffs insofern von großem Interesse, als daraus hervorgeht, daß der Schwefelkohlenstoff eine direkte Reizwirkung auf Reben ausübt, die in Erscheinung tritt, wenn die Reben selbst mit Schwefelkohlenstoff behandelt werden."

Es wäre wünschenswert, die starke stimulierende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs auf allen Stimulationsgebieten genau zu untersuchen.

d) Pfropfversuche

Am 1. V. 1924 haben wir in Spaeths Baumschulen mit den schon erwähnten Stimulationslösungen ebenfalls Pfropfungsversuche mit einjährigen Edelreisern von Landsberger Rtte. und Aderslebener Calvil auf zweijährige Doucin-Unterlagen — je 100 Stück für jeden Versuch — angestellt, deren Resultate infolge eines Fehlers bei der Versuchsanstellung nicht zu Ende verfolgt werden konnten.

Eine Ergänzung und Weiterführung dieser Versuche bringen die Versuchsergebnisse von Fuhr[2]) (1926) bei Rebveredelungen. Die Lösung $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KBr 1 ‰ bewirkte die Ausbildung von besonders starken Fußwurzeln bei Riparia × Rupestris 101^{14} und bei Aramon × Riparia 143, die unerwünschte Luftwurzelbildung wurde zurückgehalten und eine Erhöhung des Prozentsatzes der Verwachsungen gegenüber unbehandelt erzielt.

Einen günstigen Einfluß auf die Verwachsung bei der Rebenpfropfung zeigten auch die Versuche Pfeiffers (1925) mit 2 ‰ Lösung von Quecksilber-Bromphenol (Uspulun) bei 3stündiger Tauche. Gleichzeitig damit zeigte sich auch eine Verbesserung in der Trieb- und Wurzelbildung.

In demselben Jahre 1926 berichtet auch Biermann[3]) über bestätigende günstige Pfropfungsversuche bei Reben durch Behandlung mit 1. $MnSO_4$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 10 ‰ + KJ 0,5 ‰ — 25 Min. und 2. $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KBr 1 ‰ — 40 Min. Die-

[1]) Thiem, H.: Stimulationsversuche an Reben und Rebkernen. Zellstforsch., Bd. II, Heft 3, 1927.

[2]) Fuhr: Über Stimulation mit Rebveredelungen. Bericht der hessischen Lehr- und Versuchsanstalt, Oppenheim, 1926.

[3]) Biermann: Stimulationsversuche mit Reben. Deutsche landwirtsch. Gesellschaft, 1926.

selben bzw. auch andere ähnlich kombinierte, hier schon oft erwähnte Lösungen zeigten sich „besonders auffallend wirksam" auch bei der Rebenstecklingsbewurzelung.

Die vielversprechenden ersten Versuche mit Stimulantien zur Förderung der Kallus- und Wurzelbildung bei Stecklingen und der Kallusbildung bei Pfropfung haben zu weiteren größeren Versuchen angeregt und haben die Problemstellung geweitet. Es ist wohl zu erwarten, daß die Inangriffnahme dieser Arbeiten unter anderem ein Weg zur Lösung des so schwierigen Unterlagenproblems im Obstbau ist.

Nach derselben Richtung wie die Versuche über Stecklingsbewurzelung bewegen sich gewissermaßen auch die Versuche G l e i s b e r g s[1]) durch eine Stimulationsbehandlung des Wurzelsystems von Keimlingen zu einer Wachstumsförderung der sich entwickelnden Pflanzen, um dadurch auch zu einer Ertragssteigerung zu kommen. Gleisberg (1924) hat zu diesem Zweck die Wurzeln von Tomatenkeimlingen 5 Minuten lang in die Stimulationslösung $MgSO_4$ 20 % + $MnSO_4$ 10 % eingetaucht, dann die so behandelten Pflanzen neben unbehandelte Kontrollen ausgesät und kam zu folgenden Resultaten: Kontrolle — (4 Pflanzen) — 8245 g Tomaten, die 4 Versuchspflanzen lieferten dagegen 9400 g Tomaten, bei einem anderen Versuch betrug der Ertrag der Kontrolle 7450 g und der der stimulierten Keimlinge — 8150 g usw. Wie ersichtlich, ein nennenswerter Unterschied. Doch verlangen diese Versuche eine weitere Ausarbeitung und Präzisierung. Vorläufig sind sie als Tastversuche zu betrachten, als welche sie Gleisberg selbst aufgefaßt haben möchte, durch partielle Stimulierung des Wurzelgewebes bei Pflanzen, die einer Pikierung bedürfen (Tomaten, Kohlarten, Tabak, Mohn u. dgl.), zu einer Ertragsteigerung zu gelangen.

In diesem Zusammenhang, als wachstumanregende Einwirkung, möchte ich auch die Untersuchungen von B r i n k[2]) (1924) erwähnen, der gefunden hat, daß das Wachstum der Pollenschläuche von Nicotiana sandereae und Lathyrus odoratus durch $CaCl_2$-Lösungen (in Konz. von 0,02, 0,01 und 0,002 Mol.) gefördert wird (Lathyrus-Pollenschläuche). Bei Nikotiana-Pollen wirkte die 0,002 Mol.-Lösung von $MgCl_2$ sehr fördernd, desgleichen auch die Lösungen von $ZnCl_2$ (0,000266 und 0,0002 Mol.) und $MnCl_2$ (0,002 und 0,001 Mol.).

Ähnliche Resultate erhielt auch J a c o b i[3]) (1925) bei Auskeimung der Pollen von Impatienz sultani, wobei Konzentrationen von $n/_{100}$ bis $n/_{10000}$, besonders von KCl-, aber auch von Na-, Ca-, Mg- und Mn-

[1]) Gleisberg, W.: Reifebeginn, Ertrag und Samenstimulation bei Tomaten. Zellstforsch., Bd. I, Heft 1, 1924.

[2]) Brink, R. A.: Preliminary study of role of salts in pollen tube growth, Bot. Gaz., Bd. 7, Nr. 4, 1924.

[3]) Jacobi, H.: Beeinflussung des Wachstums morphologisch ungleichwertiger Pflanzenteile durch verschiedene Reize. Akademischer Anzeiger, Wien, 1925.

Chloriden, ein rascheres Austreiben und ein schnelleres Wachstum der Pollenschläuche hervorriefen.

Über ähnlich lautende Resultate, bei Vorbehandlung der Pollenkörner mit Mg-, Mn-, Zn- und Hg-Salzlösungen, berichtet auch Gleisberg[1]) (1925).

Alle die hier aufgezählten Mittel sind aber Verbindungen, die, wie wir gesehen haben, in die große Gruppe der Zellstimulationsmittel fallen.

Zellstimulation und Krebsproblem

Es ist in hohem Maße lohnend, auch das Krebsproblem vom Zellstimulationsstandpunkt aus zu betrachten.

Aus den bisherigen Erörterungen ist zu entnehmen, daß die Zellen, je nach ihrem physiologischen Zustand, verschieden energisch auf die Stimulationseinwirkungen reagieren. So z. B. reagieren die reifen Eier, welche sich, wie ich schon hervorgehoben habe, in einem Zustand stark herabgesetzter Oxydation, im Zustand von vita minima befinden, sehr leicht auf Stimulationseinwirkungen.

Die Versuche mit überreifen Eiern, welch letztere, im Vergleich zu den normal reifen Eiern, eine weitere Schwächung der Oxydationsprozesse aufweisen, haben gezeigt, daß bei denselben die Werte der Stimulationskomponenten, nämlich Konzentrationsstärke der Stimulationslösung und Zeitdauer der Stimulationseinwirkung, im Vergleich zu den Werten bei normal reifen Eiern, eine beträchtliche Herabminderung erfahren (S. 76—87).

Bei diesen Zellen mit herabgesetztem Oxydationskoeffizienten währt der empfangene Stimulationsanstoß bis zur individuellen Abwicklung der physiologischen Prozesse.

Als Beispiel hierfür kann man auch die schon besprochenen Stimulationserscheinungen bei den encystierten Euglenen anführen. Dieselben reagieren prompt und sicher auf die Stimulationseinwirkungen.

Ein weiteres eklatantes Beispiel für das energische und nachhaltige Reagieren der Zellen im Zustand von vita minima auf Stimulationseinwirkungen geben uns ebenfalls die Pflanzensamen. Wie bekannt, treten bei denselben die ersten Embryonalzellen, die aus der befruchteten Eizelle entstehen, in den Zustand von vita minima ein und verharren darin monate- und jahrelang. Nun konnte ich durch zahlreiche Experimente, die ich im III. Teil dieser Abhandlung näher besprechen werde, beweisen, daß man imstande ist, durch einen gut abgepaßten Stimulationsanstoß die Keimungs- und Entwicklungsvorgänge der Pflanzensamen energisch und nachhaltig, bis zum Abschluß des individuellen Pflanzenlebens, positiv zu beeinflussen.

[1]) Gleisberg, W.: Das Keimen von Pollenkörnern nach Einwirkung von Salzlösungen. Zellstforsch., Bd. I, Heft 4, 1925.

Etwas träger reagieren auf die Stimulationseinwirkungen dagegen die schon differenzierten Zellen eines Organismus, solche Zellen also, die sich, je nach dem individuellen Alter in verschieden stark gehobenem Zustand der Oxydationsprozesse befinden. Bei diesen Zellen müssen, wie die Versuche bei der Wundregeneration zeigen, die Stimulationseinwirkungen stärker sein und je nach den Umständen wiederholt werden. Eine Mittelstellung nehmen die Stimulationseinwirkungen bei den frühgetriebenen Pflanzen ein.

Bei Durchsicht dieser verschiedenen Stimulationsarten kommt man zu der Schlußfolgerung, daß die Zellen, deren Oxydationsprozesse gesunken sind, besonders energisch und nachhaltig auf Stimulationseinwirkungen reagieren; und deshalb werden auch die verschiedenen Zellen eines Organismus, je nach ihrem physiologischen Zustand, verschieden stark auf ein und dieselbe Stimulationseinwirkung reagieren.

Das ist eine wichtige Konstatierung.

Nehmen wir folgenden Fall. Es bilden sich in einem Organismus Zellen, die z. B. infolge von Insulten des Gewebes (Trauma u. dgl.), infolge von Blutstauungen und Gefäßtrombosen, von schwachen Durchblutungen an Cicatrisationsstellen (Wund- und Ulcusvernarbungen usw.) oder infolge der Einwirkung von desoxydierenden chemischen bzw. physikalischen Mitteln u. dgl. in den Zustand einer herabgesetzten Oxydation versetzt wurden. Wenn nun diese Zellen Stimulationseinwirkungen ausgesetzt werden, so werden sie der oben gemachten Konstatierung zufolge, als Zellen im Zustand von vita minima, als Zellen mit herabgesetzten Oxydationsprozessen, in einen Zustand von Exaltation der Lebens- und Zellteilungsvorgänge gebracht und auf diese Weise, ihren neu errungenen physiologischen Leistungen nach, in Krebs-, in Tumorzellen umgewandelt. Dieselben Stimulationseinwirkungen würden bei normal oxydierenden somatischen Zellen nur zu einem gewöhnlichen Stimulationseffekt geführt haben.

Nach der stimulativen Exaltation gewinnen diese Zellen aber den Charakter von Embryonalzellen und geben den Ursprung einer schnellwachsenden, großzelligen Krebswucherung.

Durch diese Betrachtungsweise erfährt jene Auffassung eine Erklärung, wonach die Krebszellen aus versprengten Embryonalzellen stammen sollen.

Die hier vertretene Auffassung über die Entstehung der Krebszellen hatte ich schon im Jahre 1920[1]) und führte damals aus: „Es wäre an der Zeit, von dieser Auffassung der Zellstimulationserscheinungen aus auch die Frage über die Ursachen der Tumorbildung (Krebs u. a. Tumoren) bei Pflanzen und Tieren erklärend zu be-

[1]) Popoff, M.: Stimulierung der geschwächten Zellfunktionen. Rektorsrede 1920 — Universität Sofia.

trachten. Es ist anzunehmen, daß bei gewissen Bedingungen die Zellfunktionen infolge von Einwirkungen von stimulierenden Stoffen exaltiert, die Zellen zu Embryonalzellen entdifferenziert werden und so zu ungeordneten und unregulierten Wachstumserscheinungen Anlaß geben."

„Auf diese Weise wird auch die Auffassung, wonach die Krebsneubildungen ihren Ausgang von versprengten Embryonalzellen nehmen sollen, eine natürliche Erklärung finden durch die Annahme, welche experimentell zu beweisen ist, daß diese Embryonalzellen eben keine primären sind, sondern einer Entdifferenzierung von Gewebszellen ihre Entstehung verdanken."

Die Stimulationsauffassung von der Entstehung einer Krebswucherung würde noch folgende zellphysiologische Konsequenzen nach sich ziehen. Da die Ausgangszellen für die Krebswucherung sich in Bedingungen ungenügender Oxydation befinden, so werden die Zellen bei der stimulierenden Exaltation ihrer Lebensvorgänge infolge von Sauerstoffmangel zu einer kompensatorischen Energiequelle ihre Zuflucht nehmen und in Zellen mit fakultativ anaerober Atmungsweise umgewandelt werden. Diese Annahme steht somit auch in Parallele zu den wichtigen Feststellungen Warburgs[1]). Wie bekannt, haben die Untersuchungen Warburgs ergeben, daß die Krebszellen, trotz ihrer gesteigerten Teilungs- und Vermehrungsfähigkeit, einen geringeren direkten Verbrauch an Sauerstoff, einen niedrigeren Atmungskoeffizienten aufweisen als die gewöhnlichen somatischen Zellen. Diese Auffassungsweise würde ebenfalls in Parallele mit den Untersuchungen Rhoda Erdmanns[2]) stehen, die gefunden hat, daß bei Züchtung von normalen Zellen, mit normalen Atmungskoeffizienten, im Blutplasma von avitaminosen Tieren, die in Kultur genommenen Zellen eine Herabminderung ihres Atmungskoeffizienten aufweisen und in bezug auf die Atmungsprozesse den Charakter von Krebszellen annehmen. Dieses Resultat der Untersuchungen Erdmanns war theoretisch zu erwarten, da die in avitaminoses Plasma versetzten Zellen keinen genügenden Sauerstoff für ihre Atmung vorfinden. Es ist bekannt, daß die Avitaminose mit einer allgemeinen Herabsetzung der Atmungsprozesse im gesamten Organismus einhergeht.

Wenn wir das über das Krebsproblem vom Gesichtspunkt der Zellstimulationslehre Gesagte zusammenfassen, so ergibt sich, daß die Reizwirkungen, die zur Entstehung von Tumor — Krebswucherung führen, in das Bereich der Zellstimulantien fallen.

---

[1]) Warburg, O.: Versuche an überlebendem Karzinomgewebe. Bioch, Zeitschr., Bd. 142, 1923.

Derselbe: Über Eisen, den sauerstoffübertragenden Bestandteil des Atmungsferments. Bioch. Zeitschr., Bd. 152, 1924.

[2]) Erdmann, R.: Carcinomstudien. Zeitschrift für Krebsforschung, Bd. 22, Heft 1, 1924.

Dieselbe: Über die Atmung ungezüchteter und gezüchteter Froschhaut. Arch. f. exp. Zellforschung, Bd. II, 1925.

Die Krebswucherung würde demnach ihren Ursprung in einer Zellstimulationseinwirkung haben, und zwar auf Zellen, die in den Zustand ungenügender Oxydation gekommen sind. Welcher Art diese vorbereitenden Bedingungen sein können, habe ich oben angedeutet: Cicatrisationen, Trauma, Trombosen, chemische und physikalische zellatmungshemmende Einwirkungen usw. Fördernd für diese Art der Zellwucherung würde demnach auch sein, wenn z. B. die anstoßgebenden Zellstimulationsmittel gleichzeitig zu der Gruppe der desoxydierenden Stimulationsagentien gehören. Wenn neuerdings Warburg dazu neigt, anzunehmen, daß atmungsschädigende Mittel vornehmlich zu den Krebs hervorrufenden Agentien gehören, so stehen diese Auffassungen in Parallele zu früheren Befunden von mir, nämlich, daß viele der stark wirkenden Zellstimulationsmittel in die Gruppe der desoxydierenden Mittel fallen (1922) und daß diese desoxydierenden Eigenschaften fördernd auf die Auslösung von Zellstimulationserscheinungen wirken und unter Umständen zur Exaltation derselben maßgebend beitragen können.

Eine weitere erklärende Anwendung könnte der Gedanke der desoxydierenden Stimulationsmittel auch in der wichtigen Arbeit Waldschmidt-Leitz[1]) über die Fähigkeit der Krebszellen sich selbst und andere Zellen zu verdauen (1929) finden. Diese Fähigkeit beruht nach diesem Forscher darauf, daß ein eiweißverdauendes Ferment, das Kathepsin in den Krebszellen wirksam gemacht wird. Neben dem natürlichen Aktivator dieses Fermentes, der Zookinase, können als Aktivatoren nach Waldschmidt-Leitz auch Blausäure und Schwefelwasserstoff wirken, d. h. zwei Stoffe, die in die Gruppe der desoxydierenden Stimulationsmittel fallen (auf die stimulierenden Eigenschaften dieser beiden Stoffe habe ich in einem anderen Zusammenhang hingewiesen). Und davon ausgehend, bringt Waldschmidt-Leitz die Steigerung des Eiweißabbaues mit der Herabsetzung der Zellatmung in Zusammenhang. Bestärkt wird er in dieser Annahme durch die weitere Feststellung, daß auch die Zookinase zu diesen Stoffen gehört. Diese Befunde konvergieren ebenfalls mit der hier vertretenen Auffassung der Rolle der desoxydierenden Zellstimulationsmittel bei der Entstehung von Krebszellwucherungen.

In diesem Zusammenhang verdienen auch die Arbeiten auf botanischem Gebiete von W. Magnus, Němec, Blumenthal und Hirschfeld u. a.[2]), welche über wachstumsfördernde Effekte durch

[1]) Waldschmidt, Leitz, Beck, Kahn: Über die Aktivierung in tierischen Organen und ihre Bedeutung für den Stoffwechsel bösartiger Geschwülste. Naturw., 1928.

[2]) Magnus, W.: Die Entstehung der Pflanzengallen. Gustav Fischer, 1914. Magnus, W.: Wund-Callus und Bakterien-Tumore. Ber. d. deutschen Bot. Ges., 1918.

Einwirkung von Exkreten von Bakterien — Bakterium tumefaciens u. a. — auf pflanzlichem Gewebe berichten, eine besondere Erwähnung. Diese wachstumsfördernden Exkrete fallen in den Bereich der Zellstimulationseinwirkungen; und die als Erklärungsprinzip in diesem Falle suponierten besonderen Wuchsstoffe (Němec, 1929)[1]) sind natürlicherweise vom Zellstimulationsstandpunkt aus zu betrachten; genau so, wie die Wirkungsweise der Wachstumshormone Haberlandts erst vom Zellstimulationsstandpunkt aus verständlich werden kann.

Und da Bakterienexkrete unter gewissen Bedingungen (richtige Dosierung) eine zellstimulierende Wirkung ausüben können, so wäre es nicht von der Hand zu weisen, daß auch bei den Krebswucherungen bakterielle Reize als Auslösungsmoment mitbestimmend werden könnten. Damit würde aber der lange andauernde Streit, ob der Krebs infektiösen Ursprungs ist oder ob das Krebsproblem ein rein cytologisches Problem darstellt, durch einen Kompromiß zwischen den beiden Auffassungen entschieden werden können. Denn für die Entstehung eines Stimulationseffektes könnten die verschiedenartigsten Stimulationseinwirkungen chemischer, physikalischer oder auch physiologisch exkretorischer Natur verantwortlich sein. Der Endeffekt bleibt derselbe: eine Beschleunigung der allgemeinen Lebensprozesse und folglich auch der Zellteilungsprozesse, die, wenn, wie oben ausgeführt, auf Zellen mit herabgesetztem Atmungskoeffizienten angewandt, sich zur Exaltation steigern kann.

Eine Erwähnung verdienen hier außerdem auch die beachtenswerten Forschungen Magnus über Pflanzengallenentstehung und Gallenwachstum. Auch an diesem Objekt konnte nachgewiesen werden, daß die mit dem Insektenstich eingeführten Exkretstoffe, wie auch späterhin die von der sich in der Galle entwickelnden Insektenlarve ausgeschiedenen Exkretstoffe in ursächlichem Zusammenhang mit der Gallenzellwucherung stehen. Diese Reizstoffe fallen aber nach der hier vertretenen Auffassung in das Bereich der allgemeinen Zellstimulantien. Und so bilden die Arbeiten von W. Magnus über die Pflanzengallen, wie auch andere nach dieser Richtung unternommenen Untersuchungen[2]), einen wichtigen Beitrag zur Förderung des Krebsproblems. Gleichzeitig bilden diese Arbeiten eine wichtige Stütze für die Zellstimulationslehre.

Diese hier entwickelten Auffassungen lassen auch die Möglichkeit einer Stimulationskrebsbehandlung zu, und zwar sowohl

[1]) Němec, B.: Bakterielle Wuchsstoffe. Ber. d. deutschen Bot. Ges., 1930. Auler, H.: Über chemische und anaerobe Tumorbildung bei Pflanzen. Zeitschrift f. Krebsforschung, 1925.

[2]) Die Entstehung der Kohlhernie als Folge parasitärer Exkrete gehört auch hierher. In die Kategorie der Stimulationserscheinungen gehören auch die „Nekrohormone“ und „Wundhormone“ Haberlands, welche zellteilungsauslösende Zersetzungsprodukte von getöteten und verletzten Zellen darstellen.

einer lokalen, als auch einer allgemeinen. Da die optimale Zeit der Stimulation der verschiedenen Zellen eines Organismus verschieden ist und, wie es scheint, bei den Krebszellen früher überschritten wird als bei den normalen, gesunden Zellen, so ist dadurch die Möglichkeit der Stimulationsanwendung bei offenen Krebswunden gegeben, mit dem Ziel, den Kampf des angrenzenden gesunden Gewebes gegen die Krebswucherung zu unterstützen. Diesen Gedankengang habe ich in einer meiner Arbeiten vom Jahre 1924 so ausgeführt[1]): „Wie wäre es aber, wenn man die Radiumbestrahlung (bei der Krebsbehandlung) bis zu ihrem stimulierenden Effekt wirken ließe und dann die Einwirkung aufhöbe? Würden dann die gesunden stimulierten Zellen nicht imstande sein, durch ein Überwuchern der Tumorzellen das weitere Wachstum des Tumorgewebes unmöglich zu machen? Dieser Weg der Krebsbehandlung wäre nicht aussichtslos. Und was für die stimulierende Wirkung des Radiums in diesem Fall gilt, hat auch seine Gültigkeit für alle Stimulationsmittel, seien es chemische oder physikalische. Wie bei der Wundbehandlung, muß auch hier die Hebung der Funktionen des gesunden Gewebes das Prinzip sein."

Die noch tastenden, von mir ausgeführten wenigen Versuche nach dieser Richtung (1924) bei offenem Brustkrebs scheinen für eine günstige Wirkung der Stimulationslösungen zu sprechen. Als günstig haben sich erwiesen z. B. die Lösungen von $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰; $MgBr_2$ 30 ‰; KBr 3 ‰; Glyzerin 10 ‰ + KJ 1 ‰ u. a. Es wurde dabei nach der schon beschriebenen Methode der Stimulationswundbehandlung verfahren oder, wenn dies möglich war, auch lokale, kurz dauernde (5—10 Minuten) Bäder mit Stimulationslösungen angewandt. Denselben günstigen Eindruck hat auch Konsuloff (1924) erhalten bei Anwendung meiner Stimulationslösungen auf offene Krebswunden.

Nach dieser Stimulationsrichtung sind auch manche Bestrahlungsmethoden bei Krebs schon orientiert. Die sogenannte biopositive Krebsbestrahlung (besonders Fraenkel) hat das Bestreben, durch schwache Strahlendosen nicht die Krebszellen direkt zu töten, wie dies bei den allgemein angewandten Röntgen- und Radiumbestrahlungen gewöhnlich geschieht, sondern das gesunde Gewebe in seinen Funktionen zu stützen und funktionell zu heben[2]). Die

---

[1]) Popoff, M.: Physikalische Stimulantien. Zellstforsch., Bd. I, Heft 2, 1924.
Popoff, M.: Beschleunigung der Wundgenerationsvorgänge durch Anwendung von Zellstimulationsmitteln. Zellstforsch., Bd. II, Heft 1, 1926.
Popoff, M.: Die Zellstimulationsforschung in Beziehung zur Medizin. Mediz. Klinik, 1927.
Popoff, M.: Das Zellstimulationsproblem in Anwendung auf Medizin und Landwirtschaft. Fortschritte der Naturwiss. Forschung, Neue Folge, Heft 3, 1927.

[2]) Fraenkel: Die biopositive Röntgenbestrahlung des Karzinoms. Zeitschrift für Röntgenologie, Nr. 12, 4. Jahrgang, 1921.
Lazarus, P.: Die Radiotherapie als Mittel zur Massenbekämpfung der Krebskrankheit. Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde.

Erreichung dieses Zieles wird außerdem durch die zusätzliche biopositive Bestrahlung der Drüsen mit innerer Sekretion unterstützt. Im Grunde genommen ist diese Behandlungsweise eine Stimulationsbehandlung und meiner Auffassung nach eine vollkommen berechtigte.

Eine lokale Krebsbehandlung muß aber gemäß der obigen Auseinandersetzungen mit einer allgemeinen Stimulationsbehandlung, chemischer und physikalischer Natur, des Körpers zusammengehen, die den Zweck hat, die Körperfunktionen und die integralen Oxydationsprozesse zu heben. Bei Verstärkung der Oxydationsprozesse könnten die fakultativ anaerob gewordenen Krebszellen wieder zu normalem Atmungsprozesse der Körperzellen zurückkehren. Der Weg einer allgemeinen Stimulationsbehandlung des Körpers mit geeigneten Stimulationsmitteln, welche den Zustand einer optimalen Oxydation herbeiführen sollen, wäre deshalb experimentell nachzuprüfen (1927).

Die neuerdings in Frankreich (Prof. Delbet) aufgetretenen Bestrebungen, zu einer Krebsbehandlung durch lokale Anwendung und innere Darreichung von Magnesiumsalzen zu kommen, knüpfen ebenfalls an die Zellstimulationsuntersuchungen an. Auch in diesem Falle bleibt das wesentliche die stimulierende Hebung der Oxydationsprozesse des Organismus und die stimulierende Hebung der Funktionen des gesunden Gewebes um die Krebswucherung. Auf die Bedeutung des Magnesiums als Stimulationsagens habe ich in fast allen meinen Arbeiten seit 1914 hingewiesen und mit zahlreichen beweisenden Experimenten an den verschiedensten Objekten dargelegt.

Beeinflussung der Avitaminose bei Tauben durch Zellstimulation

Vom Standpunkt der Zellstimulationslehre könnte man auch das Problem der Vitamine betrachten. Es ist bekannt, daß der komplizierte Symptomkomplex bei den avitaminosen Tieren sich auf der Grundlage eines allgemeinen Abfalles der Lebensfunktionen herausbildet, welcher Hand in Hand mit einer Verminderung der Oxydationsprozesse einhergeht. Es war deshalb zu erwarten, daß die experimentelle Steigerung der Oxydationsprozesse durch Einwirkung von Stimulationsmitteln zu einer Abschwächung bzw. zum Verschwinden der avitaminosen Symptome führen müßte. Die nach dieser Richtung vorgenommenen Untersuchungen bestätigten unsere Erwartungen. Durch Fütterung einer Anzahl von Tauben mit autoklavierten gelben Erbsen haben wir sie (Versuche zusammen mit Dobreff und Paspaleff)[1]) in avitaminösen Zustand versetzt und

[1]) Popoff, Dobreff, Paspaleff: Beeinflussung der Avitaminose bei Tauben durch Zellstimulation. Zellstforsch., Bd. II, Heft 1, 1926.

dann versucht, die so darniederliegenden Tiere durch subkutane Einspritzungen von Stimulationsmitteln wieder zu beleben. Der Verlauf dieser Versuche ist aus dem nachfolgenden Protokoll zu ersehen.

Als Stimulans bei diesen Versuchen wurde das Magnesiumbromid angewandt, und zwar durch intramuskuläre Injektionen. Die Injektionslösung bestand von 0,0035—0,015 g Magnesiumbromid in 0,5—1 ccm dest. Wasser.

Taube VIII ♂. Körpergewicht am 22. XII. 1925 349 g. Seit 22. XII. 1925 Zwangsfütterung mit autoklavierten grünen Erbsen. Am 10. I. 1926 Körpergewicht 281 g, 3.00 Uhr nachm., ausgesprochene Symptome der spastischen Form der Taubenberiberi, moribund: Flügel hilflos halb ausgebreitet, kann nicht stehen, liegt auf dem Bauch, Kontraktur der Halsmuskel, die Taube rollt wie eine Kugel über den Kopf, apathisch, hochgradige Schwäche usw. 4.00 Uhr Intramuskuläre Magnesiumbromidinjektion (= 0,015 g auf 1 cbm dest. Wasser). Während der ersten Stunde nach der Injektion allmähliche Milderung des Beriberisymptomkomplexes, fast keine Krampferscheinungen mehr. Während der zweiten Stunde keine Krampferscheinungen mehr, nur seltene leichte Pendelbewegungen mit dem Kopf; die Taube versucht die Federn zu putzen. Während der dritten Stunde jegliche avitaminöse Symptome ganz verschwunden, die Taube munter, liegt nicht mehr auf dem Bauch, mehrmaliges Federputzen. 7.00 Uhr unzweifelhafte allgemeine Besserung.

Bei diesem Versuch wurde die Temperatur nicht gemessen.

Taube VI ♂. Körpergewicht am 22. XII. 1925 307 g. Seit 22. XII. 1925 Zwangsfütterung mit autoklavierten grünen Erbsen. Am 12. I. 1926 Körpergewicht 241 g 10.00 Uhr vorm. die Taube schläfrig, apathisch, kein spontanes Platzwechseln. 10.30 Uhr 40,1° C (im Rektum gemessen). 10.40 Uhr intramuskuläre Magnesiumbromidinjektion (= 0,0075 g auf 0,5 ccm dest. Wasser). 11.40 Uhr 41,5° C, ab und zu spontanes Platzwechseln, die Taube breitet die Flügel aus, häufiges Federputzen. 12.40 Uhr 41,3° C, die Taube munter, ununterbrochenes Federnputzen, spontanes Platzwechseln, breitet die Flügel aus usw. 1.40 Uhr 41,75° C, unzweifelhafte Besserung. Zwangsfütterung mit 25 g autoklavierten grünen Erbsen.

Bei diesem Versuch war eine Steigerung der Körpertemperatur von 1,65° C zu konstatieren.

Taube VI. 13. I. 1926, Körpergewicht 231 g. Die Taube ist munterer als gestern vor der Injektion: nicht schläfrig, ab und zu spontanes Platzwechseln, aber kein Federnputzen. 9.40 Uhr vorm. 39,25° C. 10.45 Uhr intramuskuläre Magnesiumbromidinjektion (= 0,0075 g auf 0,5 ccm dest. Wasser). 11.20 bis 11.25 Uhr Federnputzen, das sich öfters wiederholt hat. 11.45 Uhr 39,85° C. Bis 12.20 Uhr die Taube schläfrig, dann sehr oft

langdauerndes intensives Federnputzen, Ausbreiten der Flügel, Platzwechseln. 12.45 Uhr 40,8° C. Sehr häufiges Federnputzen. 1.45 Uhr 40,9° C. Bei der Untersuchung sehr lebhafter Widerstand. 2.45 Uhr 40,55° C. Bei der Untersuchung sehr lebhafter Widerstand. Spontanes Gehen, ganz lebhaftes Federnputzen, ganz munter. Federnputzen sogar auf einem Bein stehend, sehr oft spontanes Platzwechseln. Die Taube ist zweimal spontan geflogen (mehrere Meter)[1]). Nach einigen Minuten ist sie aufs neue spontan geflogen, diesmal bis zur anderen Ecke des Zimmers. 3.45 Uhr 41,6° C. Sehr häufiges Federnputzen, spontanes Platzwechseln, Gehen usw. Bei Berührung reagiert lebhaft. Unzweifelhafte allgemeine Besserung. 4.15 Uhr 41,8° C. Bei der Untersuchung lebhafter Widerstand, ganz munter, auffällige Besserung.

Bei diesem Versuch wurde eine Steigerung der Körpertemperatur von 2,55° C. gemessen.

Taube XVIII ♂. Körpergewicht am 7. II. 1926 297 g. Seit 7. II. 1926 Zwangsfütterung mit autoklavierten gelben Erbsen. 3. III. 1926 ausgesprochene Symptome der atrophischen Form der Taubenberiberi. (Die Taube ist seit 25. II. deutlich krank.) Um 10.00 Uhr vorm.: die Taube fühlt sich sehr schlecht, fast moribund, ganz schwach, schläfrig, Kopf tief herabhängend, bewegungslos, sogar bei Berührung, liegt auf dem Bauch, keine Krampferscheinungen. 10.35 Uhr 36,3° C. 10.40 Uhr intramuskuläre Magnesiumbromidinjektion (= 0,0035 g auf 0,5 ccm dest. Wasser). 11.30 Uhr spontanes Platzwechseln, die Taube spaziert ein wenig auf dem Tisch. 11.40 Uhr 36,9° C. Liegt nicht mehr auf dem Bauch, hält den Kopf normal, nicht mehr apathisch. Allgemeiner Zustand gebessert. 12.05 Uhr spontanes mehrmaliges Spazieren auf dem Tisch, auf Berührung reagiert mit Platzwechsel, nicht mehr schläfrig. 12.10 Uhr 37,6° C, ab und zu spontanes Spazieren auf dem Tisch. 12.33 Uhr andauerndes Federnputzen (bei dieser Taube war seit mehreren Tagen kein Federnputzen zu beobachten). 12.40 Uhr 37,85° C, Platzwechseln, Federnputzen, spontanes Herumspazieren, lebhaftes Schütteln des ganzen Gefieders. 1.10 Uhr 37,05° C, spontanes Platzwechseln, Spazieren auf dem Tisch und Federnputzen. 1.40 Uhr 37,7° C, vollständiges Verschwinden der Krankheitssymptome. 1.43 Uhr Zwangsfütterung mit autoklavierten gelben Erbsen.

Bei diesem Versuch haben wir eine Steigerung der Körpertemperatur von 1,55° C gemessen.

Der allmähliche Eintritt der Besserung bei diesen und anderen ähnlichen Versuchen zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Erwachen aus einer tiefen Narkose. Und dieser Vergleich ist nicht

[1]) Die Tauben bleiben während der ganzen Untersuchungszeit frei auf dem Tisch.

nur ein äußerlicher, sondern er ist tiefer begründet durch die in beiden Fällen eintretende Steigerung der darniederliegenden Oxydationsprozesse. Diese Besserung des Allgemeinzustandes hat eine starke Ähnlichkeit mit dem bekannten Effekt der Vitaminpräparate, der sich ebenfalls in einer Steigerung der Körpertemperatur und der Oxydationsprozesse im allgemeinen äußert. Die Ähnlichkeit der erzielten Effekte spricht zugunsten der Annahme, daß die Wirkung der Vitamine die eines Stimulantes ist, und daß wir infolgedessen berechtigt sind, die Vitaminfrage auch vom Zellstimulationsstandpunkt aus zu betrachten. Diese Betrachtungsweise könnte zu interessanten und wichtigen Schlußfolgerungen führen und zu neuen Fragestellungen anregen.

Therapeutische Betrachtungen

Auf einer allgemeinen Stimulationsbeeinflussung des Körpers beruht zum großen Teil auch die innere medikamentöse Therapie. Und es scheint mir, daß nach dieser Richtung eine noch tiefere Ausarbeitung und eine größere Präzision erreicht werden könnte, wenn die Vorschriften für die Anwendung und die Dosierung der Arzneimittel sich auf eingehende, speziell eingestellte Zellstimulationsuntersuchungen stützen würden. Auf diese Weise könnte man auch die Wirkung einiger therapeutisch wichtiger, chemischer Verbindungen von einem anderen, nämlich vom Zellstimulationsstandpunkt aus, erklären und dem Verständnis näher bringen.

Und in der Tat, wie aus den bis jetzt angeführten Stimulationsversuchen zu ersehen ist, befindet sich unter den aufgezählten Stimulationsmitteln eine große Zahl, welche allein oder in den verschiedenartigsten Kombinationen und Verbindungen eine große Rolle auch als Arzneimittel spielt. Hierhin gehören vor allen Dingen die Verbindungen des Jods, Broms, Schwefels, Arsens, Phosphors, Bors, Zinks, Magnesiums, Eisens, Strychnins, der Milchsäure[1]), der Ameisensäure, des Tannins, der verschiedensten Verbindungen aus der Gruppe der Alkohole, Phenole, Terpene, Kampfer, der Pyrone, Pyridine, der Alkaloide usw., welche alle ausgezeichnete Stimulationseigenschaften besitzen und welche in bestimmten Dosie-

[1]) Nur nebenbei sei erwähnt, daß die starke belebende Wirkung der bulgarischen Sauren Milch (Bacillus bulgaricus — Metschnikoff) zu einem großen Teil auf die stimulierenden Eigenschaften der Milchsäure zurückzuführen ist. Diese Auslegung findet eine Bestätigung in den neuerlichen Feststellungen von Vollmers (1827), „daß mit großer Wahrscheinlichkeit von zwei Molkereiprodukten mit gleichem Kalorienwert und gleichem Vitamingehalt dasjenige, das den höheren Milchsäuregehalt hat, auch den größeren Masterfolg erzielen wird, ganz abgesehen von den gesundheitlichen Vorteilen, die eine Milchsäureernährung für sich hat".
Die Erhöhung der Körpermaße, als Folge der Hebung des gesamten chemischen Metabolismus des Körpers ist in diesem Falle auf die allgemeine zellstimulierende Wirkung der Milchsäure zurückzuführen.

rungen im Körper aufgenommen unter anderem auch zu einer Hebung seiner gesamten Funktionen und eo ipso auch zur Hebung seiner Widerstandskräfte führen. Dieselben Mittel lokal angewandt, durch Injektionen z. B. bei Nervenentzündungen (Ameisensäure — Reuter —, Strychnin u. dgl.) oder durch Applikation an entzündeten Stellen (Zink-, Schwefel-, Jod-, Tannin-, Bor- usw. Präparate) wirken ebenfalls durch ihre die Lebensfunktionen stimulierenden Eigenschaften günstig auf den Heilungsprozeß.

Es erübrigt sich hier, in eine Aufzählung der Erklärungsmöglichkeiten der medikamentösen Therapie einzugehen: sie ist vorwiegend eine zellstimulierende.

Es sind auch schon experimentelle Anzeichen vorhanden, daß es uns gelingen wird, bei geeigneten Zugaben von Stimulationsmitteln bei einem infektiös erkrankten Organismus die Bildung der Immunkörper erfolgreich zu unterstützen und dadurch den Genesungsprozeß zu fördern. Die Arbeiten zur Hebung der Antitoxinausbeute im Diphtherieserum und die Untersuchungen zur Hebung der Tuberkulosewiderstandskraft bei Tieren durch Einspritzung von Stimulationsdosen von Magnesium-, Mangan- und anderen Salzen in den Körper der Serum- und Versuchstiere gehören in diese Richtung.

Von den bis jetzt besprochenen Angaben über die Zellstimulationswirkung ist zu ersehen, daß die angewandten Stimulationslösungskonzentrationen vielfach sehr gering sind und daß die Zeit ihrer Einwirkung eine sehr genau abgepaßte sein muß. Und deshalb ist die Frage aufzuwerfen, ob nicht die moderne chemische Therapie die Arzneimittel vielfach in sehr starken Konzentrationen und in zu starken Dosen anwendet, Dosen, die über das Maß einer Stimulation hinausgehen, zumal in Fällen, wo es sich um die Herbeiführung einer Hebung der Lebensprozesse handelt. Hier scheiden natürlich die Fälle, bei welchen eine keimtötende oder anästhesierende Wirkung zu erreichen gesucht wird, aus. In diesen Fällen sind die starken Konzentrationen und die größeren Dosen, je nach dem angewandten therapeutischen Mittel, oft eine Notwendigkeit[1]). In vielen Fällen aber würde sicherlich eine Revision der angewandten therapeutischen Dosen und der Zeit ihrer Einwirkung eine lohnende Aufgabe sein. Und so werden wir notwendigerweise manchmal zu homöopathischen Dosen greifen müssen, besonders wenn es darauf ankommt, eine lebensstimulierende Wirkung zu erreichen. Von dem Gesichtspunkt der Zellstimulationslehre aus betrachtet, gewinnt auch die Therapie der kleinen Dosen eine wissenschaftliche und nicht zumindest eine experimentelle Berechtigung.

[1]) Bekannt ist z. B. die einschläfernde Wirkung großer Dosen von $MgCl_2$ und $MgSO_4$, $MgBr_2$, KBr usw. Auf dieser Überstimulationswirkung beruht auch der neuerdings (1928) gemachte Vorschlag, $MgSO_4$-Injektionen bei der Geburtshilfe als schwaches Narkotikum zu verwenden.

Neue Erklärungsmöglichkeiten und eine genauere Präzisierung der Anwendungsvorschriften eröffnet die Zellstimulationslehre auch für die moderne Balneologie. Ich habe verschiedentlich hervorgehoben, daß das Meerwasser, wie auch die verschiedensten Mineralwasser, gerade chemische Mittel (Mg, K, Na, J, Br, Ca, Ph, Fe, As, CO_2, O_3 u. a. Salze, radioaktive Verbindungen und deren Salze) enthalten oder physikalische Eigenschaften (Radioaktivität usw.) besitzen, welche in hohem Maße, natürlich bei Einhaltung bestimmter experimentell streng und genau zu beachtenden Grenzen, optimal stimulierend wirken und zur Hebung der integralen Körperfunktionen führen können. Von diesem Standpunkt aus könnten wir zu einer befriedigenden Erklärung der Wirkungsweise mancher wassertherapeutischer Eingriffe gelangen, ohne auf die unbestimmten und vagen Begriffe, wie Reaktion des Körpers, des Nervensystems u. dgl. Zuflucht nehmen zu müssen.

Die in den Mineralbädern oder im Meerwasser enthaltenen Stimulationssalze oder die Radiumstrahlenemission und Radiumemanation wirken beim Baden nicht nur oberflächlich auf die Haut, dieselbe in ihren Funktionen stimulierend, was an und für sich außerordentlich wichtig ist, da bekanntlich die Haut ein Organ von bedeutender innersekretorischer Tätigkeit ist, sondern das mineralhaltige bzw. radioaktive Eigenschaften aufweisende Wasser wird auch durch die Haut hindurch, durch die Schleimhäute und die Respirationsorgane in den Körper aufgesogen (die aufsaugende Fähigkeit sowohl der Cutis als auch der Mucosa ist eine sehr große). Die Stimulationsbestandteile — chemische wie physikalische — des Wassers gelangen auf diese Weise in den Körper und werden durch den Blutkreislauf zu allen Körperzellen gebracht, wo sie bei genau abgepaßter Dosierung der Badekur zu einer allgemeinen Stimulation der Körperzellen und allen innersekretorischen Drüsen führen. Die Stimulationsagentien kommen auf demselben Wege auch in engen Kontakt mit dem Nervensystem, dem peripheren sowohl als dem zentralen, und spornen stimulierend seine Tätigkeit an. Die trophischen Folgen einer Aktivierung des Nervensystems habe ich im theoretischen Teil besprochen.

Auf diese Art der Einwirkung ist die heilende, gesundende, kräftigende, erfrischende und die Körperfunktionen hebende Wirkung der Mineral- und Radiumbäder zurückzuführen. Deshalb muß auch die Anwendungsdauer der Bäder, je nach der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften des Wassers, streng nach den Stimulationsprinzipien: Konzentrationsdosierung und Zeiteinwirkungsdosierung des Stimulantes — eingestellt werden, um den gewünschten therapeutischen Erfolg zu erzielen, was heute gewöhnlich nur auf Grund einer jahrelangen Empirie geschieht. Eine Überschreitung der optimalen Stimulationsdosierung würde zu Überstimulationserscheinungen, begleitet von einer Herabminde-

rung der Oxydationsprozesse und des gesamten chemischen Metabolismus führen. Wie stark stimulierend die Mineralbäder[1]) und insbesondere auch die Meerbäder, in richtigen optimalen Grenzen angewandt, auf die Funktionen des Organismus durch den Gehalt der stimulierenden Na, K, Br, J, Ca u. a. Salze einwirken können, beweisen z. B. auch die genauen Messungen von Dr. Schadow (1929) an Schulknaben, die unter denselben Ernährungsbedingungen wie zu Hause auch am Meeresstrand gehalten, eine weit bessere Ausnützung der Nahrungsmittel und eine viel intensivere Bildung und Verwertung der Eiweißstoffe aufwiesen. Diese allgemeine Hebung der Körperfunktionen ist eine Folgeerscheinung der im Meerwasser und in der Meeresluft enthaltenen Zellstimulationsagentien.

Auch die direkte innerliche Anwendung der Mineralwasser ist in therapeutischer und physiologischer Beziehung eine rein stimulierende: die Mineralsalze wie auch die Radiumemission und -emanation wirken in diesem Falle direkt stimulierend auf die entzündeten Mukosen der Atmungsorgane (bei der Inhalierung) oder auf die Wände des Darmtraktus (bei Trinkkuren). Es kommt noch hinzu, daß die stimulierenden Agentien durch die Blutzirkulation zu den verschiedensten erkrankten und entzündeten Organen, z. B. des Nieren-Harnsystems, zu den Geschlechtsorganen usw. gebracht werden und so sowohl zu einer lokalen als auch zu einer allgemeinen Hebung der Zell- und Organfunktionen führen. Durch diese stimulierende Wirkung werden einerseits die gesunden Zellen in ihren Funktionen gehoben und andererseits auch die pathologisch umgeänderten Zellen wieder zu ihren normalen Funktionen zurückgeführt.

[1]) Der hier von mir vertretene Stimulationsstandpunkt ist in den folgenden Arbeiten von Groedel als Erklärungsprinzip der Bäderwirkung weiter ausgeführt worden:

Groedel, F. M. Die balneotherapeutische Zellstimulation. Zeitschr. f. wissensch. Bäderkunde, 1926, Heft 2.

Derselbe: Vergleich der Wirkungsmechanismen der Bädertherapie und der Strahlentherapie. Zeitschr. f. d. ges. physik. Therapie, Bd. 30, Heft 1, 1925.

III. Teil

Samenstimulation

Theoretisches und Technisches

Im Jahre 1914 habe ich darauf hingewiesen, daß die künstlich-parthenogenetischen Mittel die Eigenschaft allgemeiner Zellstimulantien besitzen, — daß sie folglich auch auf „in funktioneller Ruhe sich befindende somatische Zellen (solche Zellen sind auch die ruhenden Zellen reifer Samen) wirken müssen" und „daß es an der Zeit ist, diese wichtigen Fragen (der Zellstimulation) aus der Phase der reinen Beobachtung in eine erklärende Phase zu überführen. Und ich möchte glauben, daß nach dieser hier vorgezeichneten Richtung manches nicht nur theoretisch Interessante, sondern auch praktisch Wichtige zu erreichen sein wird." (Experimentelle Zellstudien IV: Geschlechtsvorgänge, Parthenogenese und Zellverjüngung — Mai 1915, Archiv für Zellforschung, Bd. XIV, 2. Heft, p. 252). Eine von mir gemachte Beobachtung im Jahre 1914 (März—Juli), daß Heublumensamen, welcher in einer Staßfurter Salzlösung, die bekanntlich hauptsächlich Magnesium-, Natrium- und Kaliumsalze enthält, bei ca. 50 ° C 1—3 Stunden gelegen hatte und nachher achtlos in den Garten geworfen worden war und ein sehr üppiges und kräftiges Wachstum zeigte, gab mir den Anlaß, auf die Möglichkeit der praktischen Anwendung der allgemeinen Zellstimulantien als Samenstimulationsmittel hinzuweisen.

Diese Beobachtung wurde der Ausgangspunkt meiner Samenstimulationsuntersuchungen. Da ich mich in dieser Zeit schon mit der Frage der allgemeinen Zellstimulation beschäftigte, so habe ich die beobachtete Aktivierung des Wachstumsvorgangs der Samen und der Pflanzen vom Zellstimulationsgesichtspunkt aus betrachtet und dieselbe ebenfalls in die große Gruppe der Zellstimulationserscheinungen eingeordnet. Die im Jahre 1914 begonnenen Untersuchungen über die Samenstimulation werden bis jetzt ununterbrochen weitergeführt, parallel mit anderen Untersuchungen, welche die Aufgabe haben, die Zellstimulationserscheinungen nach allen Richtungen hin zu erforschen. Und so entstand die vielseitige Forschungsarbeit, über deren Resultate ich in den vorhergehenden Kapiteln berichtet habe.

In diesem letzten Teil meiner Darlegungen will ich nun die Resultate besprechen, die ich bis jetzt mit meinen Samenstimulationsuntersuchungen erreicht habe und daran anschließend auch die Arbeiten kurz hervorheben, welche zur weiteren Klärung und

zum weiteren Fortschritt dieser sowohl theoretisch als auch praktisch wichtigen Frage beigetragen haben.

Aus den bisherigen Darlegungen über die Wirkungsweise der Stimulationsmittel auf die lebende Substanz im allgemeinen ging klar hervor, daß eine sehr genaue Bestimmung sowohl der Konzentration der Stimulationslösung, als auch der Zeitdauer der Einwirkung derselben auf die lebende Substanz erforderlich ist, um das Optimum zu treffen, bei welchem die Stimulationswirkung in Erscheinung tritt. Bleiben wir unter diesem Optimum oder überschreiten wir dasselbe, so hört auch der Stimulationseffekt auf. Wie eng manchmal diese Grenze der optimalen Stimulationseinwirkung gezogen und eingestellt werden muß, zeigen die eingangs erörterten Stimulationsversuche mit reifen Eizellen. So konnte z. B. bei Behandlung mit KBr die Entwicklung der Seeigeleier bis zu lebhaft beweglichen Plutei nur bei einer Konzentration von 25 ‰ des Stimulantes und bei 40 Minuten Anwendung erreicht werden; bei $MgBr_2$ liegen diese zwei Komponenten bei Konzentration 100 ‰ und bei einer Zeit der Einwirkung von 75 Minuten; bei Na_2SO_4 — liegen diese optimalen Zahlen bei Konzentration der Lösung von 80 ‰ und bei 70 Minuten Behandlung usw. Aus diesen und ähnlichen Erfahrungen auf anderen Stimulationsgebieten wird es klar, wie peinlich genau auch die Samenstimulationsversuche angestellt werden müssen, um positive Ergebnisse zu erhalten. Eine Hauptbedingung bei den Samenstimulationsversuchen ist, durch geeignetes und ausdauerndes Experimentieren sowohl die günstige Zusammensetzung und die optimale Konzentration der angewandten Stimulationslösungen, als auch die optimale Zeit der Stimulationseinwirkung festzustellen. Diese zwei Komponenten wechseln mit der Art der Samen, was an erster Stelle mit der Durchlässigkeit der Samenhülle im Zusammenhang steht; sie wechseln auch bei den verschiedenen Sorten derselben Samenart aus denselben Gründen. Je nach der Einstellung dieser Komponente wird man beobachten, daß bei bestimmter Konzentration und Zeitdauer der Behandlung die Samen am besten keimen und die daraus entstehenden Pflanzen am stärksten, am kräftigsten und am schnellsten wachsen. Überschreiten wir nach unten oder nach oben diese zwei Optima, — Konzentration der Stimulationslösung und Zeitdauer der Einwirkung, so stoßen wir auch hier, wie bei allen Zellstimulationsexperimenten überhaupt, auf den aufsteigenden bzw. bei einer Überstimulation auf den abfallenden Schenkel der Stimulationskurve.

Die Art und Weise, wie die optimalen Stimulationskomponenten gesucht werden, bleibt dieselbe wie z. B. bei den Stimulationsversuchen mit encystierten Euglenen oder bzw. Seeigeleiern. Da aber bei den Pflanzensamen die Resultate nicht so schnell zu erzielen sind, so erklärt sich daraus auch die Langwierigkeit und die Umständlichkeit der Samenstimulationsuntersuchungen. Man muß an diese Unter-

suchungen mit Ausdauer herangehen und unermüdlich so lange suchen, bis die richtige Einstellung gefunden ist. Man muß sich vor voreilig gefaßten, entmutigenden Schlußfolgerungen hüten.

Zur Erforschung der Wirkungsweise der verschiedenen in den vorhergehenden Kapiteln angegebenen Stimulationsmittel wurden eingehende Keimungsversuche mit Samen der verschiedensten Kulturpflanzen — wie Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Reis, Mais, Hirse, Hanf, Leinen, Bohnen, Baumwolle, Tomaten, Auberginen, Melonen, Radieschen, Zwiebeln, verschiedene Grassorten u. a. angestellt[1]).

Um einen Begriff zu geben von dieser jahrelang fortgesetzten Arbeit, welche den Feldversuchen mit stimulierten Samen immer voranging, will ich als Paradigma den Verlauf der Laboratoriumsversuche mit Reis besprechen, und zwar deshalb, weil sie uns gleichzeitig auch einen Überblick über die Mannigfaltigkeit der bei den Samenversuchen angewandten und erprobten Stimulationsmittel geben.

Der Reis ist für Samenstimulationsversuche ein ausgezeichnetes Objekt; er reiht sich, was die prägnante Art des Reagierens anbelangt, den zwei anderen, ebenfalls sehr günstigen Objekten für Zellstimulationsforschungen — den Euglenencysten und den Seeigeleiern — an. Der Reis hat nämlich die angenehme Eigenschaft, sehr empfindlich auf äußere Einwirkungen zu reagieren, verhältnismäßig rasch zu wachsen und schnell und sicher die während des Wachstums entstandenen Unterschiede zu zeigen. Diese Eigenschaften machen den Reis zu einem dankenswerten Objekt, sowohl für die Lösung theoretischer Fragen auf dem Gebiete der Zellstimulation, als auch zur Ermittlung der für die Praxis am besten zu verwendenden zellstimulierenden Mittel.

Für die Versuche im Laboratorium wurde der Reis nach Beendigung der Behandlung mit der stimulierenden chemischen Lösung, welche gewöhnlich 24, 48, 72 bis 96 Stunden dauerte, ein paarmal ausgewaschen, dann die Samenkörner zu je 50 Stück in reines Wasser in Gläser von je 350 ccm Inhalt getan und im Thermostat bei einer Temperatur von 24—28 ° C kultiviert. Das Kulturwasser wurde jeden zweiten Tag mit bis zu 25 ° C vorgewärmtem Wasser gewechselt. Unter diesen Bedingungen habe ich die Reiskeimlinge bis zu 1½ Monaten züchten können[1]).

Als Stimulationsmittel wurden bei diesen Versuchen einesteils die empirisch aufgefundenen künstlich-parthenogenetischen Mittel, die, wie ich angenommen und experimentell nachgewiesen habe, in Wirklichkeit allgemeine Zellstimulantien sind, angewandt und andererseits leitete mich damals bei den Versuchen, was die Auffindung von neuen Stimulationsmitteln anbelangt, meine heuristisch zuverlässige Desoxydationshypothese. Als Stimulationsmittel wurden

[1]) Popoff, M.: Zellstimulantien und ihre theoretische Begründung. 1923.

außerdem auch viele der bei den Versuchen mit den Euglenencysten und den Seeigeleiern ausprobierten Lösungen angewandt, natürlich unter entsprechender Änderung und Anpassung der Konzentration der Lösungen und Dauer der Einwirkung für die betreffende Samenart.

Die angewandten Stimulationsmittel lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

1. CO und CO_2;
2. Cl, Br, J, F, S, P, Mg, Mn, K, Na, Fe, Hg, Zn, Cu u. a. und deren Salze;
3. Arsen und seine Derivate;
4. Alkohole der Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Ketone und Säuren der Alkohole; Glukose;
5. Phenole (ein-, zwei- und dreiwertige) und ihre leicht oxydablen Derivate; ein- und vielwertige Phenolsäuren;
6. einige Verbindungen aus der Gruppe der Terpene und Kampfer, der Diphenile, Anthracene, Pyrone und Pyridine; Chinolin und Chinaldin;
7. Hypnotica und Anästhetica, wie auch manche leicht oxydable Alkaloide;
8. bestimmte fluoreszierende Lösungen; und
9. Temperatureinwirkungen.

Diese und viele ähnliche Versuche mit anderen Samenarten sind in den Jahren 1914 und 1915 und dann 1919—1923 ausgeführt worden. Die weitere Verfolgung derselben und anderer ähnlicher Versuche dauert bis jetzt.

Reisversuche

1.

a) Leitet man durch das Wasser, in welchem Reissamen 18 Stunden getränkt worden sind, 15 Minuten lang CO und gibt man den Samen nach 4 Stunden Verbleiben darin in reines Wasser, so bekommt man folgende Resultate. Die behandelten Samen werden in ihren Lebensfunktionen so energisch stimuliert, daß aus ihnen Pflanzen entstehen, welche fast 1½mal schneller und intensiver wachsen, als die gleichzeitig angelegten Wasserkontrollen: die Pflanzen aus den behandelten Samen sind dicker, gesunder und kräftiger entwickelt. Bei längerem Verbleiben in dem CO-haltigen Wasser fällt allmählich die stimulierende Wirkung ab, um nach 24 Stunden Einwirkung des CO fast vollständig zu erlöschen. Die aus dem so lange behandelten Samen gezüchteten Pflanzen sind kaum merklich besser als die Wasserkontrollen. Dieser und andere ähnliche Versuche beweisen, daß das CO, in bestimmten Grenzen angewandt, als ein stark stimulierendes Mittel wirkt.

Durch diese stimulierende Wirkung des CO könnte man auch die Frühtreibungsversuche von Weber, von Molisch u. a. mit Rauch,

mit Tabakrauch, mit Acetylen u. a. erklären. Die betreffenden Versuche zeigen nämlich, daß die in Winterruhe sich befindenden Pflanzen unter der Einwirkung dieser Gase früher als die unbehandelt gebliebenen Kontrollen austreiben. Da in allen diesen Gasen eine nicht unbeträchtliche Menge von CO enthalten ist, so fällt ihre Wirkungsweise zum Teil in den Kreis der Wirkung des CO, nur zum Teil aber, weil die angewandten Gase auch als solche stimulierend wirksam sind.

b) Eine ähnliche stimulierende Wirkung, nur etwas schwächer ausgeprägt, zeigt auch das CO_2. In genau derselben Weise und nach genau derselben Stundenzahl auf Reissamen angewandt, zeigten diese ein beschleunigtes Wachstum.

Die Wirkung des CO_2 als künstlich-parthenogenetisches Mittel ist von Delage an Echinuseiern festgestellt worden. Die reifen Echinuseier entwickelten sich unter der Einwirkung des CO_2 parthenogenetisch.

Wenn die Mittel CO und CO_2 längere Zeit (über 10 Stunden) einwirken, so fällt ihre stimulierende Wirkung ab: das Wachstum wird verlangsamt. Bei länger dauernder Einwirkung werden die Samen abgetötet.

2.

Günstige Resultate habe ich auch bei Behandlung von Reissamen mit Lösungen von 1. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰; 2. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰; 3. MgC_2 10 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 20 ‰; 4. $MgSO_4$ 10 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 20 ‰ (oder mit denselben Lösungen auch in ⅓ Verdünnung) erzielt. Nach 24, 48 und 72 Stunden Behandlungszeit und nachträglichem Versetzen in reines Wasser habe ich aus den mit den Lösungen 1 und 2 behandelten Samen fast 2mal größere und kräftiger wachsende Pflanzen bekommen.

In einer anderen Versuchsserie war ich bemüht, die Wirkungsweise der Mg- und Mn-Salze auf die Samenentwicklung u. a. auch dadurch zu erhöhen, daß ich zu den Mg- und Mn-Salzen Kalium-, Eisen-, Quecksilber-, Arsen-, Kupfer- und Phosphorsalze in verschiedener Konzentration zusetzte, und zwar sowohl NaF, KCl, KBr, KJ, als auch KNO_3, Fe_2Cl_6 und $FeSO_4$ $CaH_4(PO_4)_2$ $CuSO_4$, Sublimat, Kal. ars. u. a.

Hier gebe ich einige der angewandten Stimulationslösungen — und Lösungskombinationen wieder:

1. $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 3 ‰ + KCl 7 ‰;
2. $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KNO_3 6 ‰;
3. KCl allein 10 ‰; KNO_3 allein 10 ‰; $MnSO_4$ allein 10 ‰; NaF allein 10 ‰; KBr allein 3—5 ‰; KJ allein 1 ‰; $MgCl_2$ allein 30 ‰ usw. usw. — und in verschiedenen Kombinationen;
4. $MgCl_2$ 7 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + KCl 1 ‰ + $MnSO_4$ 3 ‰;
5. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 5 ‰ + Fe_2Cl_6 3 ‰ usw.

Dieselben Lösungen, nur mit einigen Tropfen norm. HCl angesäuert;

6. $MgCl$ 5 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 8 ‰ + KNO_3 7 ‰;
7. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 5 ‰ + $FeSO_4$ 3 ‰;
8. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + KCl 10 ‰.

Die obigen wie auch andere Konzentrationen derselben Verbindungen mit Zusätzen je nachdem von Cu-, Hg-, As-, P-, Zn- u. a. Salzen usw. zeigten, daß es möglich ist, die stimulierende Wirkung der Mg- und Mn-Salze auf die Reissamen um ein beträchtliches zu erhöhen.

So z. B. erhielt ich mit einigen dieser Lösungen vielfach zweimal kräftiger entwickelte Reispflanzen mit dicken Stengeln und stark

Abb. 20. Laboratoriumsversuch mit Reis. Links: Wasserkontrolle, rechts: nach Behandlung mit Mg- und Mn-Salzen. ($MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰).

ausgebildetem Wurzelsystem; außerdem waren diese so günstig beeinflußten Pflanzen auch zeitlich in der Entwicklung weiter voran als die gleichzeitig mit ihnen angelegten Wasserkontrollen (Abb. 20).

Diese nach verschiedener Richtung variierten Versuche, von denen ich durch die obige Aufzählung nur eine Idee geben wollte, zeigten, daß z. B. bei Anwendung von KNO_3 die stimulierende Wirkung der Mischungen sich verminderte. Dieselbe schwache Stimulationseinwirkung zeigte auch das KNO_3 allein angewandt. Ebenfalls ist zu bemerken, daß das $FeSO_4$ in Mischungen angewandt bessere Wirkung auf die Stimulation der Samen zeigte als das Fe_2Cl_6. Deshalb habe ich bei Anpflanzungen auf dem Felde die Kombinationen mit KNO_3 und Fe_2Cl_6 ausgeschaltet.

Als günstigste Behandlungsdauer für den Reis erwies sich die Zeit von 48 Stunden; bei 24 Stunden Behandlung war die Wirkung

der angewandten Lösung noch nicht zu voller Kraft gelangt, und bei 72 Stunden Behandlung ließ die stimulierende Wirkung schon nach.

Dieselben günstigen stimulierenden Resultate erhielt ich, wie schon erwähnt, zum ersten Male im Frühjahr 1914 bei Behandlung von Grassamen mit ähnlichen Salzlösungen — mit Lösungen von Staßfurter Salz.

3.

Ebenso einheitliche Resultate habe ich auch über die stimulierende Wirkung des Arsens erhalten.

Beim Einweichen der Reissamen 24 Stunden lang in einer Lösung von Kal. arsenicosum 0,1 ‰ werden dieselben so stark stimuliert, daß aus den Samen 1½mal größere Pflanzen als aus der Wasserkontrolle entstehen. Beim Verbleiben der Samen 48 Stunden in der Arsenlösung geht schon die stimulierende Wirkung des Arsens zurück — man bekommt Pflanzen, die kaum besser als die der entsprechenden Wasserkontrollen sind.

Eine Herabsetzung der Wirkungsweise des Arsens als Ausdruck einer unzulänglichen Stimulation tritt auch ein, wenn die Lösungsstärke herabgesetzt wird. So erzielt man bei 0,01 ‰ Lösung nach 24 Stunden Behandlung schwächere Wirkung als bei der Behandlung (24 Stunden) mit 0,1 ‰ Arsenlösung. Bei Behandlung von 48 Stunden tritt eine merkliche Steigerung der Stimulation ein, ohne aber die Stimulation von 24 Stunden der Lösung 0,1 ‰ zu erreichen. Die schwächere Konzentration der Lösung wird nur einigermaßen durch die Verlängerung der Behandlungszeit kompensiert. Fällt aber die Konzentration noch stärker herab, bis 0,001 ‰, so hört die Stimulationswirkung des Arsens auf. Die mit solchen Lösungen behandelten Samen geben Pflanzen, welche von der Wasserkontrolle nicht zu unterscheiden sind.

4.

Die Alkohole können durch Sauerstoffaufnahme leicht zu Aldehyden und zu Ketonen oxydiert werden; und durch die Oxydation von Aldehyden gelangt man zu Säuren. Ausgehend von der Leichtigkeit, mit der die Aldehyde Oxydationen eingehen, haben Löw und Bokorny die Labilität des lebenden Moleküls zu erklären gesucht, durch die Schlußfolgerung, daß diese letztere der Anwesenheit der labilen, und durch Oxydation zu mannigfaltigen Umsetzungen fähigen Aldehydgruppe zuzuschreiben ist. Dies würde für die große chemische Aktivität dieser Verbindungen zeugen. Es war deshalb zu erwarten, daß sowohl die Alkohole, als auch die Aldehyde, Ketone und die durch Oxydation der Aldehyde entstehenden Säuren einen stimulierenden Einfluß auf die Samenentwicklung ausüben müßten. Die vielen nach dieser Richtung durchgeführten Untersuchungen bestätigten die Erwartungen.

a) Wenn die Reissamen in 3½ ‰ (es wurden 2½ cm absoluter Alkohol in 997,5 cm Wasser getan) Äthylalkohol ($CH_3 - CH_2 . OH$) 24 Stunden, 48 Stunden und 72 Stunden gehalten und dann in reinem Wasser weiter kultiviert werden, so beschleunigen sich die Keimungsprozesse. Diese Beschleunigung erreichte ihren Höhepunkt bei 48 Stunden Behandlung. Ich bekam auf diese Weise 1½mal größere Pflanzen als die aus den normal angesetzten Samen. Ähnliche, vielfach wiederholte Versuche bewiesen die stimulierende Wirkung des Äthylalkohols auf die Lebensprozesse der sich entwickelnden Samen. Bei längerer Dauer der Behandlung hört die stimulierende Wirkung auf und macht einer hemmenden Platz, um bei noch längerer Dauer (gegen 96—100 Stunden) die Samen abzutöten. Also, je nach der Dosierung, wirkt der Alkohol entweder als Stimulans oder als „Gift".

b) Gut ausgesprochene Stimulationsresultate erhielt ich bei Behandeln der Reissamen mit Lösungen von Methylalkohol $H . CH_2 . OH$ — 3 ‰. Nach 24 Stunden Verbleiben in diesen Lösungen erzielte ich fast 1½mal bessere und intensiver wachsende Pflanzen, als die der entsprechenden Wasserkontrollen. Ein Verbleiben von 48 Stunden in der Lösung wirkte schon entwicklungshemmend. Die aus solchen Samen gezüchteten Pflanzen waren nur um ein geringes besser als die entsprechenden Wasserkontrollen.

c) Auch das dreiwertige Alkohol, das Glyzerin,

$$\begin{matrix} CH_2 . OH \\ CH . OH \\ CH_2 . OH \end{matrix}$$

hat auf die Reiskörner eine ausgesprochene stimulierende Wirkung. In Lösungen von 5 ‰ angewandt, und nach 24 Stunden Behandlung merkt man, daß die Reissamen schneller wachsen und stärkere Pflanzen als die der Wasserkontrolle geben. Das Optimum der Behandlungszeit wird bei 48 Stunden erreicht. Ich habe bei dieser Behandlungszeit mindestens 1½mal stärkere und schneller sich entwickelnde Pflanzen als bei der entsprechenden Wasserkontrolle bekommen. Die günstige Wirkung des Glyzerins bleibt auch nach 72 Stunden Behandlung bestehen. Nach dieser Stundenzahl fällt die Wirkung ab. Man findet also auch beim Glyzerin dieselbe aufsteigende Wirkung wie bei den einwertigen Alkoholen und überhaupt bei allen Zellstimulantien. Von der günstigen zellstimulierenden Wirkung des Glyzerins ausgehend, habe ich während des großen Krieges veranlaßt, Glyzerin in schwachen Lösungen, zur Wundbehandlung anzuwenden. Die vorgenommenen Untersuchungen zeigten in der Tat, daß Wunden, welche mit Glyzerinlösungen ca. 15 Minuten angefeuchtet und dann mit physiol. Lösung ausgewaschen wurden, eine bessere und schnellere Geweberegeneration und Epithelisierung aufwiesen. Auch die bekannte Wirkung des Glyzerins

als Kosmetikum, besonders bei Abheilen von Hautabschürfungen und Hautrissen ist ebenfalls in die Rubrik der Zellstimulationen einzureihen.

d) Stimulierend auf die Zellfunktionen wirkt auch die Glyzerinphosphorsäure, $C_3H_5(OH_2) . O . (PO_3H_2)$. In Lösungen von 1 ‰ angewandt, zeigen die darin 48 Stunden lang gebadeten Reissamen ein intensiveres Wachstum als die Wasserkontrollen. Sicher würde sich die stimulierende Wirkung der Glyzerinphosphorsäure, besonders ihre Ca- und Fe- Salze, welche in der Therapeutik als stoffwechselfördernde Mittel angewandt werden, steigern lassen, durch eine genaue Ausprobierung der am günstigst wirkenden Konzentrations- und Behandlungsbedingungen.

e) Durch eine große und mannigfaltige Oxydationsfähigkeit zeichnen sich die Oxydationsderivate der primären Alkohole — die Aldehyde aus. Es war also zu erwarten, ihrer Aktivität gemäß, daß dieselben, in günstigen Dosen angewandt, als starke und energische Stimulantien wirken würden.

Taucht man Reissamen in eine Lösung von 1 ccm 40 ‰ Formaldehyd, HCOH (in Lösung $CH_2(OH)_2$), in 1000 ccm Wasser, so bekommt man bei einer Behandlungsdauer von 24—72 Stunden durchweg Pflanzen, die nach der Schnelligkeit des Wachstums und der kräftigen Entwicklung sowohl der Stengel als auch des Wurzelsystems mindestens zweimal besser sind als die normalangelegten Kulturen. Die optimale Wirkungszeit ergab sich bei 48 Stunden. Im Vergleich zu den Alkoholen zeigt das Formaldehyd eine viel stärkere Stimulationswirkung — dieselbe reiht sich, wie wir später sehen werden, der Wirkungsweise des Tannins und des Chinons an und geht parallel mit der starken stimulierenden Einwirkung der Mg-, Mn- und K-Salzlösungen.

Aus dieser stimulierenden Wirkung des Formaldehyds würde sich auch die günstige Wirkung seiner Präparate, in schwachen Konzentrationen angewandt, erklären. Ebenso auch seine frühtreibende Wirkung bei Pflanzen (Weber).

Stärkere Konzentrationen von Formaldehyd wirken auf die Samen ungüstig bzw. abtötend.

f) Eine ähnliche Stimulationswirkung wie das Formaldehyd, nur etwas schwächer, übt auch das ihm nahestehende Methylal, $CH_2(OCH_3)_2$, aus. Reissamen, welche in einer 2 ‰ Wasserlösung von Methylal 24—72 Stunden gestanden haben, zeigen nach Überführen in reines Wasser ein intensiveres Wachstum als die unbehandelt gebliebenen Wasserkontrollen. Z. B. nach 72 Stunden Behandlung habe ich Reispflanzen bekommen, die, nach der Schnelligkeit des Wachstums und nach der Entwicklung des Stengels und der Wurzeln zu urteilen, mindestens zweimal besser als die Wasserkontrollen waren. Nach diesen Versuchen ist auch das Methylal zu den stark und günstig wirkenden Stimulationsmitteln zu zählen.

Bei stärkeren Konzentrationen beginnt das Methylal hemmend auf die Oxydationsprozesse und auf die Entwicklung zu wirken. Diese Wirkungsweise des Methylals kann uns auch seine therapeutische Anwendung als Schlafmittel erklären: die Herabsetzung der Oxydationsprozesse führt zu einer Lähmung der Funktionen.

g) Durch Oxydation von sekundären Alkoholen gelangt man zu den Ketonen. Aus dieser Gruppe von Verbindungen habe ich vorläufig nur das Aceton (Dimethylketon $CH_3 — CO — CH_3$), ein Oxydationsprodukt des Isopropylalkohols, welches seinerseits zur Säure weiter oxydiert werden kann, untersucht. Bei einer 24-Stunden-Behandlung von Reissamen mit 1 ‰ Acetonlösung bekommt man Pflanzen, die fast $1^1/_2$mal besser als die Wasserkontrollen sind. Derselbe stimulierende Effekt, nur etwas abgeschwächt, bleibt auch nach einer 48stündigen Behandlung bestehen.

h) Durch Oxydation der Aldehyde gelangt man zu Säuren: Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure usw., von welchen die Ameisensäure (H . COOH) besonders chemisch aktiv ist, sie wirkt stark reduzierend. Diese Reduktionsfähigkeit der Ameisensäure, durch welche sie sich von allen höheren Homologen unterscheidet, kann durch ihre nahe Beziehung zur Kohlensäure erklärt werden, wie auch durch ihren Aldehydcharakter, welcher sich aus der Konstitutionsformel H — O — CHO ergibt.

Die Injektionen, welche ich im Jahre 1919—1920 mit Ameisensäure 1 ‰ unter die Knospen von in Winterruhe sich befindenden Flieder- und Roßkastanienzweigen vornahm, zeigten in der Tat eine Beschleunigung der Wachstumsvorgänge — die Knospen entwickelten sich nach ca. 14 Tagen und zeigten schon gut ausgebildete Blätter in der Zeit, wo die Kontrollknospen noch kaum die Deckblätter geöffnet hatten. Im Jahre 1920 habe ich mit $^1/_2$ ‰ Ameisensäurelösung auch Samen, und zwar Gras- und Petersiliensamen (Behandlungszeit 2—8 Stunden) zu schnellerem Wachstum als die Kontrollen gebracht (die Pflanzen waren um $^1/_4$ höher als die Kontrollen). Die Reissamen erwiesen sich als sehr empfindlich gegen die Ameisensäure. Lösungen von 1 ‰ und $^1/_2$ ‰ töteten sie bei einer Einwirkung von 72 Stunden. Nur nach 24 Stunden Behandlung mit Ameisensäure $^1/_2$ ‰ war eine angehende Stimulationswirkung zu bemerken.

i) Andere gesättigte Fettsäuren, die Essigsäure, CH_3COOH, und die Propionsäure, C_2H_5 . COOH z. B., zeigen schon eine merklich schwächere Stimulationswirkung.

So gibt die Essigsäure in Lösungen von 2 ‰ nach 24 und 48 Stunden Einwirkung auf die Reissamen kaum bessere Resultate als die Wasserkontrollen. Bei Verdünnung der Essigsäure auf 1 ‰ und nach 24 Stunden Behandlung aber ist schon eine Stimulationswirkung zu beobachten. Es entwickelten sich Pflanzen, welche

schneller wuchsen als die Kontrollen. Bei 48 Stunden Behandlungszeit waren die Resultate nicht besser als die der entsprechenden Wasserkontrollen.

Ähnliche Resultate erhielt ich auch mit der Propionsäure. Bei Verdünnung auf 2 ‰ und nach 24 und 48 Stunden Behandlung war keine merkliche Stimulation zu beobachten. Dieselbe trat deutlich hervor bei Verdünnung 1 ‰, und zwar nach einer Einwirkungszeit von 48 Stunden. Es entwickelten sich Reiskeimlinge, die fast 1½mal besser gewachsen und stärker entwickelt als die entsprechende Wasserkontrolle waren. Im allgemeinen war die Stimulationswirkung dieser beiden Säuren schwach.

j) Die Gärungsmilchsäure, $CH_3 — CH(OH)CO_2H$, wurde ebenfalls als Stimulans geprüft; sie gibt durch Oxydation Essigsäure und Kohlensäure.

In den Jahren 1919—1920 habe ich Injektionen mit 5 ‰ Milchsäure unter die Knospen von ruhenden Flieder- und Roßkastanienzweigen gemacht. Es zeigte sich eine nennenswerte stimulierende Wirkung — die Knospen, besonders vom Flieder, waren schon mit entfalteten Blättern versehen, während die Kontrollzweige Knospen aufwiesen, die erst am Anfang der Entwicklung standen. Gleich darauf, in demselben Jahr, wurde die Einwirkung der Milchsäure (5 ‰) auf die Entwicklung der Samen von Gras und Petersilie in Topfversuchen ausprobiert; ich konnte merklich größere Gras- und Petersilienpflanzen erzielen. Dieselben Samenversuche habe ich im Jahre 1922 auch auf dem Felde mit Mais, Hirse und Zwiebel angestellt. Es zeigte sich, daß die Milchsäure nur als schwaches Stimulans wirkt. Die gewonnenen Pflanzen waren etwas besser entwickelt als die Kontrollen. Schwache stimulierende Wirkung zeigte die Milchsäure auch auf die Reissamen nach Einwirkung von 24 Stunden. Es entwickelten sich Pflanzen, die etwas besser als die Kontrollen waren.

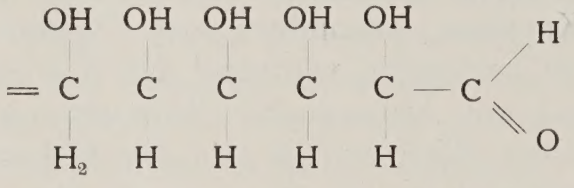
k) Als Vertreter der zweibasischen Säuren mit leichtem Oxydationsvermögen habe ich die Äpfelsäure, $CO_2H — CH_2 — CH(OH) — CO_2H$, und die Rechtsweinsäure, Acidum Tartaricum, $CO_2H — CH(OH) — CH(OH) — CO_2H$, auf ihre Stimulationswirkung hin untersucht.

Die Äpfelsäure in Lösungen von 2 ‰ angewandt, zeigt nach 24 Stunden Behandlung der Reissamen eine starke, stimulierende Wirkung. Es entwickelten sich Pflanzen, die zweimal besser, sowohl in bezug auf die Stengel als auch auf die Wurzelausbildung waren als die entsprechenden Wasserkontrollen. Nach 48 Stunden Behandlung zeigte die stimulierende Wirkung einen Rückgang, aber dennoch waren die Pflanzen fast ½mal besser als die Kontrollen. Überhaupt zeigte die Äpfelsäure stimulierende Eigenschaften, welche denen des Tannins, wie wir später sehen werden, gleichzustellen sind.

l) Sehr gute stimulierende Wirkung zeigte auch die Weinsäure. In Lösung von 1 ‰ angewandt und nach 24 Stunden Tränken der Reissamen entwickelten sich aus denselben Pflanzen, welche gut 1½mal besser als die Wasserkontrolle waren. Bei 48 Stunden Behandlung der Samen fiel die stimulierende Wirkung ab — die Pflanzen waren nur etwas besser als die Wasserkontrolle.

Da der Naturwein sowohl Weinsäure als auch Äpfelsäure, Tannin und Alkohol enthält, so habe ich in schwachen Weinlösungen (Landwein wurde 7—10mal mit Wasser verdünnt) ebenfalls Reissamen darin getränkt und nennenswerte Erfolge nach 24 Stunden und 48 Stunden Behandlung bekommen. Die sich aus solchen Samen entwickelnden Pflanzen waren durchwegs besser als die entsprechenden Wasserkontrollen.

m) Die Glukose ist ihrer chemischen Zusammensetzung nach gleichzeitig ein Aldehyd und ein fünfwertiger Alkohol mit einer primären und vier sekundären Alkoholgruppen, $C_6H_{12}O_6$ =



Alle Aldehyde wirken reduzierend und dieses Reduktionsvermögen der Aldehyde besitzt auch die Glukose (Trommersche und Fehlingsche Probe). Es war demnach theoretisch zu erwarten, daß auch die Glukose als Stimulans bei der Samenentwicklung wirken würde.

Die vorläufigen Versuche nach dieser Richtung bestätigen diese Erwartung. Läßt man Reissamen in Glukoselösungen (5 ‰ und 2½ ‰) 24—72 Stunden, so entwickeln sich aus denselben, besonders nach 72 Stunden Verbleiben in der Lösung, Pflanzen, welche merklich besser wachsen als die Kontrollwasserpflanzen. Die gewonnenen Unterschiede sind aber nicht so ausgeprägt wie bei den stark wirkenden Stimulantien, z. B. Mg-, Mn- und K-Salzlösungen, Formaldehyd, Äpfelsäure u. a.

5.

Die Desoxydationshypothese bewährte sich als heuristische Forschungshypothese besonders in der großen und mannigfaltigen Gruppe der Benzolderivate. Eine genaue Durchsicht und Nachprüfung der hier einschlägigen Verbindungen eröffnete mir eine große Fülle von energisch stimulierend wirkenden Substanzen, von denen einige schon in der Therapie, meistens als schlaf- und schmerzstillende Mittel usw. bekannt sind. In dieser Gruppe zeigte es sich, daß man die Wirkungsweise aller dieser weit voneinander stehenden Verbindungen von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus betrachten kann.

Alle die im folgenden zu erwähnenden Benzolderivate gehören zu der großen Gruppe der Phenole und zeichnen sich durch ihre leichte Umsetzbarkeit, durch das Eintreten von Oxydationsvorgängen und vielfach durch stark ausgeprägte reduzierende Eigenschaften aus.

Einwertige Phenole

a) Das Phenol C_6H_5OH, durch seine starken antiseptischen Eigenschaften bekannt, besitzt, in schwachen Lösungen angewandt, die Wirkung einer stimulierenden Substanz. Wenn Reis in $^1/_4$ ‰ Phenollösung 24—72 Stunden eingetaucht und dann in reinem Wasser weiter kultiviert wird, so ist eine angehende geringe Stimulationswirkung zu verzeichnen. Besser stimulierend wirkt die Lösung 1 ‰. In diese Lösung eingetaucht gewesene Samen zeigten ein merklich kräftigeres Wachstum als die Wasserkontrollen. Nach 72 Stunden hörte die günstige Einwirkung auf; die Pflanzen wuchsen schwächer als die Wasserkontrollen und viele starben ab.

Eine beträchtliche Steigerung der Stimulationswirkung zeigten das Chlorphenol und besonders das Bromphenol in Verdünnung von 0,25—0,5 ‰. Bei 24—48 Stunden Einwirkung bekommt man $1^1/_2$mal größere Pflanzen als die Kontrollen. Eine längere Einwirkung erweist sich als schädlich.

b) Eine schwache stimulierende Wirkung zeigt auch das Trinitrophenol (die Pikrinsäure), $C_6H_2(NO_2)_3 . OH$. Die Lösungen von $^1/_5$ ‰ und $^1/_{10}$ ‰ wirken auf die Samen nach 24 Stunden Behandlung günstig ein. Ich bekam Pflänzchen, welche besser entwickelt waren als die Kontrollen. Auffallend war nur, daß diese zeitliche Weiterentwicklung mit einer merklichen Verminderung der Körpergröße verbunden war. Diese Beobachtung könnte bei weiterer Prüfung interessant in theoretischer Beziehung werden. Es scheint Mittel zu geben, welche die zeitliche Entwicklung beeinflussend und fördernd, eine Verminderung der individuellen Größe — und folglich auch der Zellgröße herbeiführen.

Zweiwertige Phenole

Mit dem Eintreten in die Gruppe der zweiwertigen Phenole hebt sich die stimulierende Wirkung der Phenolverbindungen zusehends, so daß man an ihre praktische Ausnützung als Stimulationsmittel, gleich wie bei den Mg-, Mn-, K-Verbindungen, bei Formaldehyd u. a. denken kann. Diese Hebung der Wirkungsweise der zwei — wie der mehrwertigen Phenole ist wahrscheinlich mit der Steigerung der aktiven Gruppen und den Reduktionseigenschaften der mehrwertigen Phenole in Zusammenhang zu bringen.

a) Das Brenzcatechin $C_6H_4(OH)_2$; O-Dioxybenzol, durch ausgesprochene reduzierende Eigenschaften ausgezeichnet, in Lösungen von 1 ‰ und $^1/_2$ ‰ angewandt, zeigt nach 24 Stunden Be-

handlung, besonders bei Verdünnung $^1/_2$ ‰ eine deutlich ausgeprägte stimulierende Wirkung auf die Reissamen, die fast an die des Formaldehyds und der Mg-, Mn- und K-Mischungen heranreicht. Man bekommt kräftigere und stärker wachsende Pflanzen mit gut ausgebildetem Wurzelsystem — Pflanzen, die weit besser als die entsprechende Wasserkontrolle sind. Nach 48 und 72 Stunden Behandlungszeit fällt die Wirkung ab; die gewonnenen Pflanzen sind schmächtiger und langsamer in der Entwicklung als die Wasserkontrollen.

b) Eine noch bessere Stimulationswirkung auf die Samenentwicklung zeigt das starke reduzierende Eigenschaften aufweisende Guajakol, $C_6H_4(OH)(OCH_3)$, Brenzkatechinmonomethyläther. In Lösungen von 0,2 ‰ bekommt man nach 24 Stunden Behandlung von Reissamen sehr gut entwickelte Pflanzen, die den mit Formaldehyd und Mg-, Mn- und K-Lösungen erhaltenen Pflanzen fast gleichkommen. Diese Wirkung erhöht sich mit der Herabsetzung der Lösungskonzentration auf 0,02 ‰. Durch Vorbehandlung der Reissamen 24 und 48 Stunden lang mit diesen Lösungen bekam ich Pflanzen, die $1^1/_2$- bis 2mal besser entwickelt waren als die Kontrollen, und zwar sowohl was die Dicke der Stengel als auch die Ausbildung des Wurzelsystems anbelangt. Nach 72 Stunden Behandlung fiel die Wirkung ab, die Pflanzen unterschieden sich nicht von den Wasserkontrollen. Diese Versuche zeigen, daß das Guajakol ein energisch wirkendes Stimulans ist. Auf diesen Eigenschaften beruht möglicherweise zum Teil auch seine therapeutische Wirkung.

c) In seiner stark stimulierenden Wirkung steht das m-Dioxybenzol, $C_6H_4(OH)_2$, das Resorcin dem Guajakol nicht nach. Reissamen, welche 72 Stunden in einer 2 ‰ Resorcinlösung getaucht wurden, zeigten, in Wasser übertragen, eine auffallend schnelle und starke Entwicklung im Vergleich zu den Wasserkontrollen. Ich bekam fast 1½mal stärkere Pflanzen mit gut ausgebildetem Wurzelsystem. Die Wirkung des Resorcins fing schon nach 24 Stunden Behandlung an, steigerte sich nach 48 Stunden, um ihr Optimum bei 72 Stunden zu erreichen. Resorcinlösungen von 1 ‰ und ½ ‰ üben eine, wenn auch schwache, doch noch merkliche Stimulationswirkung nach einer Behandlung von 96 Stunden aus. Die aus den so behandelten Samen sich entwickelnden Pflanzen sind nur ein wenig besser als die entsprechenden Wasserkontrollen.

d) Eine gleich günstige, vielleicht sogar etwas günstigere Wirkung als die vorhergehenden Dioxybenzole zeigt das p-Dioxybenzol, das Hydrochinon, $C_6H_4(OH)_2$. Nach 48 Stunden Behandlung mit einer 2 ‰ Lösung von Hydrochinon und nachträglichem Wachstum im Wasser zeigen die Reissamen eine so energische Stimulierung ihrer Lebensfunktionen, daß die Pflanzen 2mal besser sowohl im Stengel- als auch im Wurzelsystem sind. Nach 24 Stunden Behandlung ist die Wirkung noch nicht so stark ausgeprägt, dagegen

fällt sie nach 72 Stunden und besonders nach 96 Stunden Behandlung stark ab. Nach dieser Behandlungszeit bekommt man Pflanzen, welche nicht besser als die Wasserkontrollen sind. Erhöht man also die Lösungskonzentration, so fällt die Wirkung des Hydrochinons ab. Eine 4 ‰ Lösung wirkt nach 48 Stunden Behandlung kaum merklich stimulierend; nach 72 Stunden Behandlung bleibt die Entwicklung hinter der der Wasserkontrollen zurück; bei 96 Stunden Behandlungszeit werden die Samen abgetötet.

e) Durch Oxydation des Hydrochinons, sowie vieler Benzol-p-Biderivate entstehen die Chinone. Das Chinon, $C_6H_4O_2$, zeigt in Lösung von 0,5 ‰ angewandt eine ausgesprochen starke, stimulierende Wirkung. Die Pflanzen, welche sich aus den 24 Stunden bis 48 Stunden darin gelassenen Reissamen entwickeln, zeigen ein mindestens 2mal schnelleres Wachstum als die Wasserkontrollen. Es fällt bei diesen Chinonpflanzen die gute und kräftige Entwicklung des Wurzelsystems und ihr gesundes Aussehen auf. In der entwicklungsanregenden Wirkung übertrifft das Chinon das Hydrochinon, das Formaldehyd, die Mg-, Mn- und K-Lösungen, ja auch das Tannin, welches außerordentlich stark ausgesprochene Stimulationseigenschaften aufweist. Nach 72 Stunden Behandlungszeit fällt schon die Wirkung des Chinons sichtlich ab. Umgekehrt kann durch Herabsetzung der Lösungsstärke auf 0,1 ‰ die Wirkung des Chinons im Vergleich zu den Wasserkontrollen kaum merklich werden.

Eine auffallende Beobachtung auch bei der Wirkung des Chinons, wie dies der Fall bei der Pikrinsäure war, ist, daß die Chinonpflanzen zwar sehr weit entwickelt und auch kräftiger als die Pflanzen der Wasserkontrolle sind, aber doch, was die Größe anbelangt, hinter den Tanninpflanzen zurückbleiben.

f) Hier muß ich auch die stimulierende Wirkung eines Dioxytoluols, des Orcins, $C_6H_3(CH_3)(OH)_2$, erwähnen, welches in schwach ammoniakalischen Lösungen leicht Sauerstoff und Stickstoff bindet. Reissamen, welche in 1 ‰ Orcinlösung 24 Stunden bis 72 Stunden gelassen wurden, zeigen folgende Entwicklung. Die 24 Stunden und besser noch 48 Stunden behandelten Samen zeigten eine Erhöhung der Wachstumsintensität, die nur etwas hinter der des Hydrochinons zurückblieb. Nach 72 Stunden Behandlung wurde der Einwirkungseffekt herabgesetzt. Die sich entwickelnden Pflanzen gleichen denen der Wasserkontrolle. Bei Lösungen von 0,2 ‰ bleibt die Wirkung nur sehr schwach. Aus den damit 24 Stunden bis 72 Stunden lang behandelten Samen entwickelten sich Pflanzen, welche nur um weniges besser als die Wasserkontrolle waren.

Dreiwertige Phenole

a) Das energisch reduzierende Pyrogallol, $C_6H_3(OH)_3$, zeigt in Lösungen von 1 ‰ angewandt gut ausgesprochene stimulierende Wirkung. Die Reissamen fangen schon nach 24stündigem Baden

darin an, sich energischer zu entwickeln als die Kontrollen. Man bekommt 1½mal bessere Pflanzen. Nach längerem Verbleiben der Samen in den Lösungen tritt schon ein merklicher Abfall in der Entwicklung ein; die behandelten Pflanzen sind nicht besser als die Kontrollen.

b) Eine wenn auch schwach stimulierende, aber theoretisch interessante Wirkung zeigt auch ein anderes dreiwertiges Phenol — das Phloroglucin, $C_3H_3(OH)_3$. In Lösungen von 0,5 ‰ und 0,2 ‰ angewandt, gibt es bei einer Behandlungsdauer von 24 Stunden bis 72 Stunden wohl eine Steigerung der Wachstumsgeschwindigkeit, die merklich ausgeprägt, aber bei den obigen Lösungen keine besonders große ist.

Einbasische aromatische Säuren

Zweiwertige Phenolsäuren. Von den hierher gehörigen Verbindungen habe ich vorläufig die O-Oxybenzoësäuren, Salizylsäure, $C_3H_4(OH).COOH$, und das Salizylsäurephenylester, das Salol, $C_6H_4(OH) — COO — C_3H_5$, untersucht.

Die ½ ‰ Lösung der Salizylsäure wirkt auf Reissamen nach 24 Stunden und 48 Stunden Behandlung als ein ausgesprochenes Stimulans. Man bekommt stärkere und größere Pflanzen als bei den entsprechenden Wasserkontrollen. Die Lösungen 1 ‰ sind schon zu stark; die Pflanzen, welche aus 24 Stunden und 48 Stunden lang behandelten Samen hervorwachsen, waren kaum merklich besser als die Kontrollen; eine 72 Stunden Behandlungsdauer wirkte im Vergleich zu diesen herabdrückend auf die Wachstumsintensität. Die Versuche mit Salizylsäure, welche weiter zu vertiefen sind, zeigten aber auch in ihrem jetzigen Zustand, daß diese, in richtigen Dosen angewandt, eine gut ausgeprägte stimulierende Wirkung haben kann.

Weit bessere Resultate erhielt ich mit dem Salol. Reissamen, welche 24 Stunden bis 72 Stunden in einer Salollösung 1 ‰ gelassen wurden, zeigten nach 48 Stunden und 72 Stunden Behandlung ein fast 1½mal stärkeres Wachstum als die Wasserkontrollen. Der Entwicklungsintensität nach entsprachen sie fast den Hydrochinonpflanzen.

Drei- und mehrwertige einbasische Phenolsäuren

a) Die Vanillinsäure, $C_6H_3(COOH)(OCH_3)(OH)$, in Verdünnung 1 ‰ angewandt, erwies sich ebenfalls als ein starkes Stimulationsmittel. Reissamen, welche darin 24 Stunden und 48 Stunden gelassen wurden, zeigten eine starke Hebung der Lebensprozesse; es entwickelten sich aus ihnen Pflanzen, welche fast 2mal stärker, sowohl an Stengel und Wurzeln, als die entsprechenden Kontrollen waren. Der Stimulationseffekt erreichte und übertraf fast denjenigen des Hydrochinons und näherte sich dem Stimu-

lationseffekt des Tannins. Der Höhepunkt der Einwirkung wurde bei 48 Stunden Behandlung erreicht; nach 24 Stunden und nach 72 Stunden Einwirkung waren die Resultate auch gut ausgesprochen, aber nicht so wie bei 48 Stunden. Bei 24 Stunden waren sie im Aufstieg begriffen, bei 72 Stunden dagegen befanden sie sich im Abstieg.

b) Durch ausgesprochene reduzierende Eigenschaften zeichnet sich die Gallussäure, $C_6H_2(OH)_3 - COOH$, aus. Reissamen, welche 24 Stunden bis 96 Stunden in Gallussäure 1 ‰ gelassen wurden, zeigten, besonders nach 48 Stunden Behandlung, das gleiche intensive Wachstum wie bei Behandlung mit Tannin. Die Pflanzen, welche sich aus den so behandelten Samen entwickelten, waren 2mal größer und stärker als die Kontrollen. Der Unterschied in der Wachstumsintensität zeigte sich bereits in den ersten Tagen. Schon eine Behandlung von 14 Stunden wirkte auf die Samen stimulierend, bei 48 Stunden erreichte die Stimulation das Optimum, blieb aber auch nach 72 Stunden, ja sogar nach 96stündiger Behandlung noch sehr ausgesprochen bestehen. Erst nach dieser Behandlungszeit begann das Abfallen. Eine günstige Wachstumsbeeinflussung zeigte die Gallussäure auch auf Weizen, Roggen, Gerste und Hafer, nur daß hier längere Zeit (Topfversuche) notwendig ist, um die Unterschiede zum Vorschein kommen zu lassen.

Die Versuche mit Gallussäure wurden mindestens 10mal wiederholt und immer mit denselben günstigen Resultaten. Es wurden außerdem alle möglichen Konzentrationen von 10 ‰ anfangend bis zu 0,25 ‰ hinunter ausprobiert. Es zeigte sich, daß die günstigste Konzentration bei 1 ‰ liegt.

c) Noch eingehender als die Gallussäure wurde das Tannin, die Gallusgerbsäure, $2C_6H_2(OH)_3 - COOH$ auf seine stimulierende Wirkung hin untersucht, und zwar, weil es eine ausgesprochenere chemische Aktivität und langsam und mild wirkende Reduktionseigenschaften zeigt; demnach war also eine starke stimulierende Wirkung des Tannins zu erwarten. Die umfangreichen und mannigfaltigen Versuche bestätigen dies in vollem Maße. Das Tannin erwies sich als ein sehr stark wirkendes Stimulans, welches die Lebensfunktionen über das doppelte ihres normalen Verlaufes steigerte. Deshalb habe ich seine Wirkungsintensität (Abb. 21), parallel mit derjenigen der Mg-, Mn- und K-Salze (Abb. 20), als Vergleich zu dem Wirkungsgrade aller anderen hier untersuchten stimulierend wirkenden chemischen Mittel gestellt. Es wurden auch beim Tannin alle Konzentrationen von 10 ‰ bis hinunter zu 0,20 ‰ auf ihre stimulierenden Wirkungen eingehend untersucht; auch hier zeigte sich, daß die günstig wirkende Konzentration des Tannins, wie dies der Fall bei der ihm nahestehenden Gallussäure ist, bei 1 ‰ liegt. Die Versuche mit 1 ‰ Tanninlösung sind, zusammen mit den Wasserkontrollen, immer als Standardstimulationskontrollen bei allen Stimulationsversuchsserien parallel angestellt worden, so daß die

günstige Wirkungsweise des Tannins hunderte von Malen nachgeprüft worden ist.

Die günstige Wirkung der 1 ‰ Tanninlösung auf die Reissamen beginnt schon nach 24stündigem Baden derselben darin. Man merkt bereits an den Keimlingen, daß sie bedeutend schneller, fast 2mal so schnell als die Wasserkontrollen wachsen und daß die Stengel dicker und gesunder aussehen. Was aber am meisten auffällt, ist die gleich ansetzende kräftige Entwicklung des Wurzelsystems. Schon ca. 10 Tage nach der Behandlung zeigen die Pflanzen ein sich verzweigendes Wurzelsystem, während in derselben Zeit die Pflanzen der Wasserkontrolle nur Ansätze zur Wurzelbildung zeigen. Alle diese günstigen Entwicklungsmomente steigern sich noch nach 48stündigem Baden der Samen; die optimale Einwirkungszeit ist

Abb. 21. Laboratoriumsversuch mit Reis. Links: Wasserkontrolle, rechts: nach Behandlung mit Tannin.

gegen die 60. Stunde erreicht, aber auch weiterhin nach 72-, ja sogar nach 96stündiger Behandlung behalten die Samen ihre starke Wachstumsintensität, wenn auch etwas abgeschwächt im Vergleich zu der optimalen Einwirkungszeit. Eine schwache Stimulationswirkung war noch nach 120stündiger Behandlungszeit zu bemerken. Nach dieser Zeitdauer kommt dann ein starker Abfall in der Einwirkung. Die günstige Stimulationseinwirkung auf die Reissamen ist in Abb. 21 wiedergeben. Man bemerkt die stark entwickelten, mehr als zweimal größeren, stimulierten Pflanzen im Vergleich zu den Kontrollpflanzen, welche noch nicht aus dem Kulturgefäß herausgetreten sind. Der Unterschied in der Entwicklung springt ganz besonders in die Augen, wenn man das stark entwickelte Wurzelsystem der Versuchspflanzen im Vergleich zu den schwach ausgebildeten Wurzeln der Kontrolle beachtet.

Günstige Stimulationswirkungen, wenn auch in den Laboratoriumsversuchen schwach ausgeprägt, zeigte das Tannin in Lösungen von 1 ‰ und 2 ‰ auch auf Weizen.

In den Feldversuchen zeigte sich Tannin gleichfalls als ein günstig wirkendes Stimulans.

Erwähnen möchte ich hier noch die Injektionsversuche mit Tanninlösungen 1 ‰ in Cyclamenknollen. Die damit dreimal nacheinander in Abständen von 4 Tagen injizierten Pflanzen zeigten ein auffallendes Längenwachstum der Blatt- und Blütenstiele, die Größe der Blumen aber blieb hinter der Normalgröße zurück. Es entwickelten sich viele langstielige und kleine Blätter.

Nicht unerwähnt möchten hier die Beobachtungen Delage's über die Wirkungsweise des Tannins bleiben. Delage gelang es Anfang dieses Jahrhunderts, reife Seeigeleier durch Tannineinwirkung in künstlich-parthenogenetische Entwicklung zu bringen. Wie ich früher mehrfach ausgeführt habe, haben wir es hier nicht mit einer spezifischen Wirkung auf die Geschlechtszellen allein zu tun, sondern wir stehen vor einer allgemeinen Zellerscheinung, einer Stimulationszellerscheinung.

Da das Tannin nach den eingehenden Untersuchungen von Emil Fischer („Die Depside"), je nach dem Ausgangsmaterial, aus dem es gewonnen, kleine Variationen in der chemischen Zusammensetzung aufweist, so habe ich die stimulierende Wirkung von Tanninen verschiedener Provenienz untersucht. Es zeigten sich kaum merkliche Unterschiede in der Wirkungsweise derselben auf die Entwicklung der Reissamen.

Einen bedeutenden Abfall in der Stimulationswirkung zeigte aber das technisch für Gerbereizwecke verwendete pechartig-braune Tannin, das Quebrachu. In Lösungen von 1 ‰ und 2 ‰ bewirkte auch dieses eine bessere Entwicklung der darin gebadeten Samen, jedoch erreichte es nur die Hälfte der Wirkung des chemisch reinen Tannins.

Um die evtl. einseitige Einwirkung des Tannins (Schießen ins Kraut allein) zu beseitigen und zu korrigieren, habe ich verschiedene Kombinationen zwischen Tannin und Mg-, Mn- und K-Salze versucht. Gemische von 1 ‰ Tanninlösung mit $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 2 ‰ + KCl 2 ‰, oder mit $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 6 ‰ ergaben bei Reissamen im Laboratorium sehr günstige Resultate. Es entwickelten sich kräftige, an Stengel und Wurzeln gut ausgebildete Pflanzen; das Optimum der Einwirkung war bei 48 Stunden bis 72 Stunden. Die gewonnenen Resultate entsprachen in der Schnelligkeit der Entwicklung denen des Tannins allein angewandt. Diese Versuche sind mit demselben gleich günstigen Resultat mehrmals wiederholt worden.

Bessere Resultate als die Wasserkontrolle, doch schwächer als die 1 ‰ Tanninlösung allein angewandt, ergab auch folgende Reihen-

folgebehandlung, und zwar zuerst mit der Lösung $MgCl_2$ 3 ‰ + $MgSO_4$ 3 ‰ + $MnSO_4$ 3 ‰ + KCl 4 ‰ (oder mit anderen ähnlichen Lösungen in kleinen prozentualen Variationen) 34 Stunden und dann Nachbehandlung mit Tannin 1 ‰ 14 Stunden, 38 Stunden und 62 Stunden. Die besten Resultate erhielt ich mit dieser Kombinationsbehandlung bei einer 62stündigen Nachbehandlung mit Tannin.

Eine starke stimulierende Wirkung auf Reissamen zeigte auch die Behandlungsart in umgekehrter Reihenfolge, und zwar zuerst durch Behandlung mit Tannin 1 ‰ 34 Stunden lang und dann durch Nachbehandlung mit $MgCl_2$ 3 ‰ + $MgSO_4$ 3 ‰ + $MnSO_4$ 3 ‰ +KCl 4 ‰ — 10 Stunden bis 24 Stunden. Als beste Nachbehandlungszeit erwiesen sich 14 Stunden. Ich konnte auf diese Weise im Laboratorium gesundere und kräftiger wachsende Pflanzen als mit Tannin allein angewandt erzielen.

Auf die mannigfachen ähnlichen Kombinationen in der Behandlungsweise will ich hier nicht näher eingehen. Das Herausgegriffene dient genügend zur Illustration der Wirkungsweise sowohl des Tannins allein, als auch bei seiner Anwendung in Kombination mit Mg-, Mn- und K-Salzen.

Umfangreiche Laboratoriumsversuche mit Tannin und den oben genannten Kombinationen wurden ebenfalls mit Weizen, Gerste und Roggen angestellt. Die Unterschiede im Wachstum, die sich dabei herausbildeten, waren freilich viel geringer als beim Reis. Dies hängt mit dem langsameren Reagieren der letzgenannten Getreidearten auf die Stimulationseinwirkung zusammen. Diese Samen brauchen viel längere Zeit als beim Laboratoriumsversuch, um die stimulierende Wirkung in Erscheinung treten zu lassen. Deshalb will ich die mannigfach variierten Laboratoriumsversuche erst im Zusammenhang mit den Resultaten meiner Feldversuche besprechen.

Alle Tanninversuche sowie die Versuche mit Tannin + Mg-, Mn- und K-Salzen sind immer mit frisch bereiteten Lösungen angestellt worden, da dieselben sonst, der Luft ausgesetzt, durch Oxydation leicht bräunen. Dieser Prozeß geht noch rascher vor sich bei Zusatz von Magnesiumsalzen.

f) Eine bedeutend schwächere, aber noch gut ausgeprägte Wirkung als das Tannin hat die Chinasäure, die Hexahydrotetrabenzoësäure, $C_6H_2(OH)_4COOH$. Ihre 1 ‰ Lösung zeigt nach 48stündigem Baden der Reissamen darin eine deutlich stimulierende Wirkung. Die Pflanzen wachsen fast 1½mal besser und kräftiger als die entsprechenden Wasserkontrollen. Bei 24stündiger Behandlung sind die Resultate noch nicht so gut ausgeprägt und nach 72stündiger Behandlungszeit bleibt die Pflanzenentwicklung hinter der der Kontrollen zurück. Trotzdem wirkt die Chinasäure, nach diesen Resultaten zu urteilen, als ein gut ausgeprägtes Stimulans. Es ist anzu-

nehmen, daß die stimulierende Wirkung, welche die Extrakte von Cortices Chinae, in therapeutischen Dosen angewandt, ausüben, zum Teil der Anwesenheit der Chinasäure zuzuschreiben ist.

Aus den hier vorgetragenen Untersuchungen über die Stimulationswirkung der einbasischen aromatischen Säuren ist eine allmähliche Steigerung der stimulierenden Wirkung auf die Reissamen zu entnehmen, und zwar fängt dieselbe bei den einwertigen Säuren an, um sich allmählich bis zu den drei- und mehrwertigen Phenolsäuren zu steigern. Der Höhepunkt der Stimulation wurde bei der Gallussäure und dem Tannin erreicht.

g) Als Vertreter der zweibasischen Säuren habe ich die Phthalsäure, $C_6H_4(COOH)_2$, gewählt. Die Reissamen zeigen nach 48stündiger Behandlung in 1 ‰ Lösung eine ausgesprochene Stimulation. Es entstehen fast 1½mal bessere und kräftiger entwickelte Pflanzen als die Wasserkontrollen. Die stimulierende Einwirkung setzt schon nach 24stündiger Behandlung ein, um bei 48 Stunden ihr Optimum zu erreichen und nach 72 Stunden wieder abzufallen.

6.

Eine andere Gruppe von leicht oxydierbaren chemisch-aktiven Verbindungen sind die Terpene und Kampfer. Infolgedessen müssen auch sie als Stimulationsmittel der Lebensvorgänge dienen können. Vorläufig habe ich nach dieser Richtung nur den Kampfer untersucht.

Die Lösungen von 0,1 ‰ Kampfer wirken nach 24stündigem Baden stimulierend auf die Reissamen. Nach Übertragen in reines Wasser wachsen aus denselben Pflanzen, welche gut 1½mal besser entwickelt sind als die entsprechenden Kontrollen. Die Wirkungsweise des Kampfers nähert sich ihrer Intensität nach derjenigen des Tannins. Bei 48stündiger Behandlung ist schon ein merklicher Abfall in der stimulierenden Wirkung zu merken: Die Pflanzen sind schwächer entwickelt als die Kontrolle.

Höhere Konzentrationen von Kampfer bis 1 ‰ wirken ungünstig auf das Wachstum. Nach 24 Stunden und besonders nach 48 Stunden Behandlung entwickeln sich Pflanzen, die hinter denen der Wasserkontrolle zurückstehen.

7.

Durch zahlreiche Arbeiten haben Max Verworn und seine Mitarbeiter bewiesen, daß die Narcotica und Anästhetica, zu welchen Alkohol, Äther, Chloroform und Chloralhydrat, wie auch die Verbindungen aus der großen Gruppe der Alkaloïde und deren Vertreter Morphin, Chinin, Veratrin, Strychnin, Digitalin, Curare usw. gehören, dadurch ihre narkotische Wirkung auf die lebende Substanz ausüben, daß sie die

Oxydationsprozesse der Zelle hemmen. Also ist die lähmende Wirkung der Narcotica mit einer Herabsetzung unter die Norm der Oxydationsprozesse der lebenden Substanz verbunden. In dieser Wirkungsweise besteht eine vollkommene Parallele zu der Wirkungsweise aller vorher besprochenen stimulierenden Mittel, wenn dieselben längere Zeit oder in stärkeren Konzentrationen auf die lebende Substanz (in unserem Fall auf die im Zustand von vita minima sich befindenden Embryonalzellen der Samen) einwirken. Ausgehend von der hier uns leitenden Hypothese über die intimen Vorgänge bei der Stimulantienwirkung, müssen wir annehmen, daß die Narcotica, in schwachen Konzentrationen angewandt, durch Hebung der Oxydationsprozesse stimulierend auf die Lebensprozesse wirken müssen. In der Tat entsprachen die Versuchsresultate vollkommen diesen Erwartungen.

a) Über die stimulierende Wirkung der Alkohole (Äthyl-, Methylalkohol und des Glyzerins) auf das Samenwachstum habe ich schon gesprochen.

b) Über die Anwendung des Äthers, $C_2H_5 — O — C_2H_5$, als Frühtreibungsmittel, sowohl in Dampfform (Johannsen), als in Form von Injektionen (Jassenko, Popoff) habe ich berichtet. Von diesen Untersuchungen ausgehend, habe ich 1916 die Anwendung des Äthers bei der Wundbehandlung vorgeschlagen, und im Jahre 1922 gebrauchte ich Äther in Dampfform mit Erfolg als Samenstimulans (Weizen, Petersilie), und zwar sowohl allein als auch nach vorheriger Einwirkung von Mg- und Mn-Salzen. Stimulationsresultate erhielt ich auch bei Anwendung von Äther auf Reissamen. Nach Baden derselben in Ätherlösungen von ½ ‰ erzielt man nach 24stündiger Behandlung eine deutliche, wenn auch keine sehr stark ausgeprägte stimulierende Wirkung. Versuche mit stärkeren Konzentrationen 1 ‰ und 5 ‰ haben vorerst keine nennenswerten Resultate ergeben.

c) Auch das Chloroform, $CHCl_3$, wirkt in geringen Konzentrationen angewandt als stimulierendes Mittel. Reissamen, welche in Chloroformlösungen (1 Tropfen Chloroform in 100 ccm Wasser) gelassen wurden, zeigten nach Übertragen in Wasser schnelleres Wachstum als die entsprechenden Kontrollen. Nach 24 stündiger Einwirkung der Lösung erhielt ich fast 1½mal größere Pflanzen. Nach 48 Stunden fiel die stimulierende Wirkung auf das Niveau der Wasserkontrollen. In stärkeren Lösungen (10 Tropfen Chloroform in 100 ccm Wasser) wirkt das Chloroform schon nach 24stündiger Behandlung abtötend auf die Reissamen.

Das Chloroform ist, in schwachen Konzentrationen angewandt, eins der ersten künstlich-parthenogenetischen Mittel gewesen. Mit ihm vermochten R. und O. Hertwig die ersten Furchungsteilungen der reifen Seeigeleier auszulösen.

d) Stimulierend auf die Entwicklung der Reissamen wirken auch die schwachen Lösungen von Chloralhydrat, $CCl_3 — CH(OH)_2$. Nach 48stündiger Behandlung in 2 ‰ Chloralhydratlösung sind 1½mal bessere Pflanzen zu erzielen als die der Wasserkontrollen. Eine etwas schwächere stimulierende Wirkung übt auch die 1‰ Chloralhydratlösung aus; sowohl nach 24 Stunden als auch nach 48stündiger Behandlungszeit entstehen Pflanzen, die fast 1½mal besser und kräftiger entwickelt sind als die entsprechenden Wasserkontrollen.

Nach Molisch wirken die Dämpfe von Chloralhydrat auch als Pflanzenfrühtreibungsmittel, folglich nach der hier vertretenen Betrachtungsweise als Zellstimulans.

e) Schon R. Hertwig hat auch das Strychnin als künstlich-parthenogenetisches Mittel angewandt und damit erste Furchungsteilungen bei reifen Seeigeleiern hervorgerufen. Diese Untersuchungen Hertwigs wurden später durch Wassilieff bestätigt. Die mit Strychnin an Eiern gewonnenen Resultate beweisen also, daß Strychnin ein allgemeines Zellstimulans ist. Hierher gehören auch meine und meiner Mitarbeiter Untersuchungen an Seeigeleiern. Zugunsten dieser Auffassung sprechen ebenso die Versuche Calkins an Paramaecien. Ihm ist es gelungen, durch Strychnineinwirkung die Teilungsrate dieses Infusors zu erhöhen. Auch die Injektionen, die ich mit Strychninum nitricum unter die Knospen von in Winterruhe sich befindender Flieder- und Roßkastanienzweige machte (1922), beweisen die starke zellstimulierende Wirkung des Strychnins; auch auf die Samenentwicklung hat es dieselbe günstige Wirkung. Reissamen, welche in Strychninlösungen 0,001 ‰ 24 Stunden gelassen wurden, zeigten eine merklich stärkere Entwicklung als die Wasserkontrollen. Bei 48stündiger Behandlung war die Wirkung des Strychnins schon im Abfall begriffen; die aus solchen Samen sich entwickelnden Pflanzen waren denen der Wasserkontrolle gleich. Nach 24stündiger Behandlung mit Strychninlösungen 0,1 ‰ und 0,01 ‰ bekommt man ein wenig bessere Pflanzen als die Wasserkontrolle.

f) Nach pharmakologischen Angaben zu urteilen, weist das Atropin, $C_7H_{23}NO_3$, in seiner Wirkungsweise auf den Menschen alle diejenigen Merkmale auf, welche für ein Stimulans charakteristisch sind: anfängliches Stadium der Reizung, dem eine narkotische Wirkung folgt, welche in einen Comazustand übergeht, der mit dem Tod durch Asphixie endet. Es war also zu erwarten, daß, in geringen Dosen angewandt, das Atropin auch als Stimulans wirken würde. Die mit Reis vorgenommenen Versuche bestätigten, daß die 0,01 ‰ Lösung von Atropin nach 48stündiger Einwirkung eine, wenn auch schwache, so doch deutlich merkliche Beschleunigung der Wachstumsvorgänge der Samen hervorruft. Bei stärkeren Konzentrationen — 0,1 ‰ und 1 ‰ tritt schon die Hemmungswirkung des

Atropins auf die Lebensvorgänge ein. Die gewonnenen Pflanzen stehen durchweg hinter denen der Wasserkontrolle zurück.

Von den bis jetzt besprochenen Versuchsresultaten tritt deutlich die stimulierende Wirkung der Narkotika und der Alkaloide, in richtigen Dosen angewandt, hervor. Die stimulierende Wirkung ist einheitlich dahin zu erklären, daß die geringen Dosen der oben genannten Verbindungen oxydationsfördernd wirken.

8.

Es ist eine seit langem bekannte Beobachtung, daß die oxydierende Aktivität des Sauerstoffs der Luft durch die Einwirkung des Lichtes gesteigert wird. Die Untersuchungen von Daniel Berthelot haben gezeigt, daß diese Steigerung der Einwirkung der ultravioletten Strahlen zuzuschreiben ist; der Sauerstoff wird ionisiert. Ausgehend von der Konstatierung, daß die fluoreszierenden Flüssigkeiten ein starkes Resorptionsvermögen für die ultravioletten Strahlen besitzen, habe ich Versuche mit Reissamen angestellt, um ihre stimulierende Wirkung zu eruieren.

Über die stark stimulierende Wirkung von Resorcin, Tannin und Phthalsäure habe ich schon berichtet. Es ist möglich, daß diese Stimulationsfähigkeit zum Teil auch auf den schwachen Fluoreszierungseigenschaften der genannten Lösungen beruht.

Von diesem Standpunkt aus würde sich etwa auch die stimulierende Wirkung anderer fluoreszierender Flüssigkeiten, z. B. des Eosins und besonders des Fluoreszeins, bei gleichzeitiger Belichtung erklären.

Reissamen, welche 48 Stunden und noch besser 72 Stunden lang in 0,1 ‰ Eosinlösung gebadet worden waren, wuchsen schneller (fast 1½mal so schnell und kräftiger) als die Wasserkontrollen. Bei Steigerung der Eosinkonzentration bis zu 1 ‰ leidet die Wachstumsfähigkeit der Samen; die aus ihnen sich entwickelnden Pflanzen bleiben nach 24- bis 72stündiger Behandlung kleiner als die Wasserkontrollen und mit verkrümmten Stengeln. Fluoreszein, in Lösungen von 0,1 ‰ angewandt, zeigt nach 72stündiger Einwirkung auf Reissamen eine merkliche stimulierende Einwirkung. Bei Steigerung der Lösung auf 0,5 ‰ tritt eine schwache stimulierende Wirkung nach 48stündiger Behandlung ein. Samen, welche mit 0,01 ‰ Fluoreszeinlösung behandelt wurden, zeigen keine stimulierende Beeinflussung — die Lösung erweist sich als zu schwach.

Aus diesen Versuchen ist zu entnehmen, daß Eosin und Fluoreszein in den hier angegebenen Lösungen, wenn auch nicht besonders stark, so doch schwach stimulierend, einwirken.

Eine besondere Erwähnung verdient die Wirkungsweise folgender Stimulationslösungen:

a) $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 15 ‰ — nach Behandlung von 24 bis 72 Stunden zeigte bei Reissamen eine sehr starke Hebung der Wachstumspotenz, welche ihr Optimum bei 48stündiger Behandlung erreichte. Die aus den so behandelten Samen sich entwickelnden Pflanzen waren fast noch einmal so stark und kräftig als die Kontrollen.

b) Sehr günstig wirkten auch die Stimulantien: 1. $MgSO_4$ 15 ‰ + KJ 0,5 ‰; 2. KJ 1 ‰; 3. $MgSO_4$ 15 ‰ + KBr 0,25 ‰; und 4. KBr 3 ‰. Nach einer Behandlungsdauer der Reissamen von 24 bis 48 Stunden trat eine sehr günstige Steigerung der Wachstumsintensität ein, und zwar äußerte sie sich sowohl in der Ausbildung der Stengel als auch des Wurzelsystems.

Besonders möchte ich hier noch das Chinaldin hervorheben. In Konzentrationen von 0,25—1 ‰ angewandt, zeigte es nach einer Behandlung von 24—48 Stunden eine besonders starke Anregung der Wurzelentwicklung, welche diejenige der vorher erwähnten Stimulantien übertraf. Die weiteren Untersuchungen ergaben, daß es in der Tat Stimulantien gibt, die das Wachstum der einzelnen Pflanzenteile verschieden beeinflussen. Das Chinaldin würde demnach zu einer besonderen Gruppe, zu der der Wurzelbildner-Radigene, wie ich sie nannte, gehören. Die günstige Wirkung des Chinaldins trat außerdem noch in den verschiedenartigsten Kombinationen mit anderen Stimulationsmitteln, wie z. B.: Chinaldin 0,5 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰; Chinaldin 0,5 ‰ + $MnSO_4$ 15 ‰; Chinaldin 0,5 ‰ + KBr 0,25 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰; Chinaldin 0,5 ‰ + KJ 1 ‰ usw., deutlich hervor.

Eine noch ausgeprägtere Wirkung in der Gruppe der Wurzelbildner zeigt das Chinolin, und zwar in Konzentrationen von 0,25—1 ‰. Die damit behandelten Reissamen entwickelten fast zweimal bessere Pflänzchen, mit sehr gut ausgebildetem Wurzelsystem, als die Wasserkontrollen.

Auch dieses Mittel wurde in Kombination mit anderen Stimulantien, wie dies bei Chinaldin der Fall war, angewandt. Auch hier zeigten die Kombinationen mit $MgSO_4$ 15 ‰, KJ 0,5 ‰, KBr 0,25 ‰ usw. bessere Resultate, als das Chinaldin und Chinolin allein angewandt.

9.

Da die chemischen Prozesse im Organismus bei einer bestimmten Temperatur sich optimal entwickeln, so war auch die Frage nachzuprüfen, ob es bei einer zeitlichen Steigerung der Temperatur über die hergebrachte Norm zu einer Stimulationswirkung kommen könnte. Durch die Steigerung der Temperatur bekommen die gesamten chemischen Prozesse vorübergehend einen sehr starken Anstoß, wodurch auch die Oxydationsprozesse über die Norm gesteigert werden. Die Anregung der Lebensprozesse folgt mit der Hebung der Temperatur in bestimmten Grenzen nach dem Van 't Hoffschen Tem-

peraturkoeffizienten Q_{10}. Damit wird auch der Sauerstoffbedarf erhöht, der bei ungenügender Sauerstoffzufuhr leicht zu einer Sauerstoffnot führen kann und so, im Sinne der Desoxydationshypothese, Stimulationserscheinungen auslöst. Diese letzte Möglichkeit — Herbeiführung einer Sauerstoffnot — hat Weber und besonders neuerdings Boresch (1924, 1927) in sehr überzeugender Weise für die Erklärung der frühtreibenden Wirkung des Warmwasserbades auf die Pflanzen experimentell zu beweisen versucht. Diese Erklärungsweise könnte als ein Sonderfall der Wirkung der desoxydierenden Stimulationsmittel aufgefaßt werden und so als Bekräftigung der Wirkungsweise der desoxydierenden Stimulantia dienen.

Derselbe Zustand einer Sauerstoffnot wird auch erreicht beim Versetzen der Samen für eine bestimmte Zeit unter sehr niedrigen Atmosphären-Druck. Durch solch eine Behandlungsweise hat Konsuloff im Jahre 1923 keimungs- und wachstumsbeschleunigende Einwirkungen erzielt.

Die mit Temperatureinwirkung angestellten Versuche haben folgende Resultate ergeben. Läßt man Reissamen einige Stunden im Thermostaten bei einer Temperatur von 50—55° C im Wasser stehen und überträgt ihn dann zur Keimung und zur weiteren Entwicklung in normale Versuchstemperatur, so entstehen aus dem so behandelten Samen größere und kräftigere Pflanzen.

Dieselben Resultate, wenn auch nicht so gut ausgeprägt, wurden bei Temperaturbehandlung von Mais- und Buchweizensamen erzielt (1922). Von dem Standpunkt der Temperaturstimulierung sind auch zum Teil die günstigen Ergebnisse zu erklären, welche Athanassoff durch Temperatureinwirkungen auf Getreidesamen erzielt hat. Er brachte zum Zwecke von Sporenabtötung das Saatgut vorübergehend in hohe Temperatur und beobachtete als Ergebnis eine Steigerung der Wachstumsintensität, die er voll und ganz der desinfizierenden Wirkung der Temperatur zuschreibt. Diese Steigerung ist aber, nach dem hier vertretenen Standpunkt, nicht allein auf diese Ursache zurückzuführen, sondern sie liegt hauptsächlich in der unbeabsichtigten stimulierenden Wirkung der hohen Temperatur.

Steigert man die Temperatureinwirkung weiter oder verlängert man die stimulierende Temperatureinwirkung über das optimale Maß hinaus, so treten Hemmungserscheinungen ein, die schließlich, genau so wie bei den chemischen Stimulationsmitteln, in den narkotischen Zustand (Temperaturnarkose) überführen, welcher, wenn nicht unterbrochen, zum Tode des lebenden Moleküls führt.

Von diesem Gesichtspunkt aus würde man sich auch, zum Teil wenigstens, die stimulierende Wirkung der kurzen Temperaturanstiege, bei febrilen Zuständen, die spontan entstandenen oder die therapeutisch erzeugten, erklären können. Die stimulierende Wirkung der Temperatur könnte außerdem durch die im Körper infolge

der ungenügenden Oxydation entstehenden stimulierenden chemischen Zwischenprodukte, wie Boresch dieses zur Erklärung der Warmwasserbadfrühtreibung annimmt, unterstützt werden.

Atmungsprozesse der Pflanzen

Da die Stimulationsvorgänge mit einer Hebung der Oxydationsprozesse vor sich gehen, so ist es von Bedeutung, besonders für die stimulierten Pflanzen, daß für eine genügende Luftzirkulation im Boden, durch Auflockerung desselben, gesorgt wird. Die Wichtigkeit dieser Maßnahme wird verständlich, wenn man von folgender Betrachtung über die Atmungsprozesse im Pflanzenkörper ausgeht, auf die ich hier, wenn auch etwas aus dem Rahmen fallend, eingehen möchte.

Man nimmt heute als bewiesen an, daß die Blätter und in zweiter Linie die ganze freie Pflanzenoberfläche die Hauptatmungsorgane der Pflanzen sind. Nach dieser Annahme tritt die Luft sowohl durch die Spaltöffnungen als auch durch die Lentizellen in die interzellularen Spalträume ein, in welche durch Änderung der Druckzustände, durch mechanische Deformation der Pflanze u. dgl. eine andauernde Strömung der Luft unterhalten wird. Von dieser zirkulierenden Luft allein sollen die Pflanzenzellen den für ihre Atmung notwendigen Sauerstoff aufnehmen.

Diese Hypothese stößt auf große Schwierigkeiten, wenn sie die Atmung der Stamm- und Wurzelzellen nicht nur großer Bäume, sondern auch von Pflanzen geringerer Größe ungezwungen erklären soll. Die Annahme, daß in den mikroskopisch kleinen Interzellularräumen bei der Starrheit des Pflanzenkörpers eine genügend starke und intensive Luftströmung unterhalten werden könnte, ohne besondere spezielle Einrichtungen, ist kaum aufrecht zu erhalten.

Damit der Sauerstoff in ausreichender Menge zu allen, auch zu den am entferntesten von der Pflanzenoberfläche liegenden Zellen gelangen kann, müssen Atmungsvorrichtungen vorhanden sein, die eine intensive und von keinen zufälligen Druck- und Temperaturverhältnissen abhängige Sauerstoffströmung unterhalten können und gleichzeitig auch für die Wegschaffung der Lebenssekretionsprodukte sorgen. Ein solches Atmungssystem ist den Pflanzen in ihrem Wasserströmungssystem gegeben, welches vom physiologischen Standpunkt aus eine auffallende Ähnlichkeit mit dem für die Atmung sorgenden Blutzirkulationssystem der Tiere hat.

Die Untersuchungen über die Zusammensetzung der Blutflüssigkeit der Tiere haben gezeigt, daß sich in dieser Salze von K, Na, Ca, Mg, Fe, P, S, manchmal auch von Mn, Cu, Va, vorfinden. Bei den wirbellosen Tieren mit noch nicht speziell differenzierten Blutkörperchen sorgt entweder die Blutflüssigkeit selbst, ohne Ausbildung von speziellen sauerstoffaviden Eiweißverbindungen (hierher gehören die farblosen Globuline) für den Sauerstofftransport, oder

der Sauerstoff wird weitergeführt durch die Ausbildung von spezifischen sauerstoffaviden Substanzen (Hämocyanin, Hämoerythrin, Echinochrom usw.). Diese atmungsvermittelnde Rolle der Blutflüssigkeit geht durch Ausbildung (bei den Wirbeltieren) von spezialisierten, für den Sauerstofftransport bestimmten Blutkörperchen nicht verloren; sie bleibt auch weiterhin bestehen, tritt nur im Vergleich zu der Rolle des Blutkörperchenhämoglobins an Bedeutung zurück.

Die Salze von genau denselben Elementen zirkulieren auch in den Gefäßen der Pflanzen. Die Pflanze saugt durch die Wurzeln die für ihre Ernährung unumgänglich nötigen Mineralbestandteile in Form von KCl, KNO_3, $MgCl_2$, $CaSO_4$, NaCl, $CaH_4(PO_4)_2$, $Fe_3(PO_4)_2$, K_2HPO_4 usw. auf.

Da diese Mineralsalzlösungen im Boden mit Sauerstoff gesättigt sind, so wird dieser mit dem aufsteigenden Wasserstrom, in den Xylemgefäßen, durch den ganzen Pflanzenkörper hindurchgetrieben und sorgt so für die Atmungsbedürfnisse der Pflanze. Durch die zahlreichen Poren, welche sich an den Gefäßwänden befinden, tritt ein Teil des zirkulierenden aufwärtsstrebenden Saftes aus den Gefäßen heraus und sickert in die Interzellularspalten. Diese letzteren spielen auch im Pflanzenkörper die Rolle eines Lakunensystems ohne eigene Wandbegrenzung und sorgen sowohl für die Ernährung als auch für die Atmung der von den Gefäßen abseits liegenden Zellen. Da nun die Interzellularen mit der aus den Wassergefäßen herausgetretenen Flüssigkeit gefüllt sind, können sie unmöglich der supponierten Durchlüftung der Pflanze dienen.

Mit der allmählichen Abgabe des Sauerstoffes absorbiert der aufsteigende Strom die durch die Lebensprozesse entstandene Kohlensäure und die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Zerfallderivate und führt sie zu den Blättern der Pflanze, wo sie durch die Spaltöffnungen exkretiert werden. Die Kohlensäure wird in Gasform ausgeschieden, die anderen gelösten Exkretionsderivate aber werden auf der Blattoberfläche abgelagert.

Der bis zur Blattkrone der Pflanze gelangte Säftestrom kommt hier zum zweiten Male durch die Spaltöffnungen der Blätter in intimen Kontakt mit dem Sauerstoff der Luft. Dem Gesetz von Henry-Dalton folgend, wird er wieder mit Sauerstoff gesättigt; und von diesem Moment an verwandelt sich der aufsteigende Strom, durch die in den Blättern ausgearbeiteten organischen Nährstoffe bereichert, in einen absteigenden Strom, der durch die Siebröhren im Phloem abwärts fließt.

Aus den Poren der Siebröhren tritt ein Teil des absteigenden Stromes ebenfalls in die Interzellularräume und sorgt auch für die Ernährung und Atmung der Gewebezellen.

Der aufsteigende und absteigende Strom sind nicht getrennt voneinander, sondern kommunizieren durch die Markstrahlen, welche

die Rolle der Blutkapillaren der Tiere spielen, miteinander. Die durch die Markstrahlen hergestellte Verbindung führt zu einem Ausgleich in der chemischen Zusammensetzung des auf- und absteigenden Stromes. Durch das Vorhandensein von organischen Verbindungen gewinnt die im Pflanzenkörper zirkulierende Flüssigkeit, ihrer chemischen Zusammensetzung nach, große Ähnlichkeit mit dem im tierischen Gefäßsystem zirkulierenden Blute.

Diese Ähnlichkeit wird besonders auf physiologischem Gebiet eine vollkommene, denn dieses abgeschlossene Zirkulationssystem der Pflanzen dient, dem oben Gesagten zufolge, genau wie bei den Tieren, nicht nur der Ernährung, sondern auch der Atmung.

Hierdurch gewinnt der von Claude Bernard mit soviel Klarheit vertretene Standpunkt der Gemeinsamkeit der Lebensfunktionen von Tier und Pflanze eine neue Erweiterung und Bestätigung.

Die obigen Ausführungen sind experimentell von mir gestützt worden. Pflanzen, denen die Sauerstoffzufuhr durch die Wurzeln erschwert wird, gehen trotz der Blätter zugrunde.

Meine Auffassung von der großen Rolle, welche der im Wasser absorbierte Sauerstoff für die Pflanzenatmung spielt, fand bald nach meiner Publikation und unabhängig von mir eine Bestätigung durch Jules Amar.

Nach eingehenden Versuchen kommt Amar zu der Feststellung, daß beim Menschen die Sauerstoffabsorption nicht direkt durch die roten Blutkörperchen geschieht, sondern durch das Blutplasma, von welchem nachträglich die Blutkörperchen einen Teil des Sauerstoffes aufnehmen. Von hier ausgehend, kommt dann Amar zu genau derselben Auffassung über die Atmung der Pflanzen, wie ich sie vorher ausgeführt habe.

„Le phénomène immédiat et certain (de respiration de l'homme) consiste en une diffusion à travers le paroi des poumons; elle met instantanément à la disposition du sang 75 cm^3 d'oxygène dissous: 3000 $cm^3 \times 0{,}025 = 75$ cm^3. Et c'est là, dans cette solution, que les globules rouges prennent le gaz vital et vont l'apporter aux cellules de l'organisme. L'adsorption hématique est subordonnée à la dissolution préalable de l'oxygène dans le liquide sanguine.

Physiologiquement cela seul est admissible. La vie cellulaire s'accomplit grâce à cet apport d'oxygène, circulant dans la sève des plantes ou dans le sang des animaux (C. R. Ac. Sc., Paris, 30 Juillet 1923, Jules Amar).

Sechs Monate vorher hatte ich ebenfalls in C. R. Ac. Sc., Paris (26 Février 1923, Methodi Popoff), folgendes geschrieben:

„Chez les animaux invertébrés, dépourvus de corps sanguins differenciés, le transport de l'oxygène nécessaire pour la respiration des cellules se fait par le sérum sanguin. Il n'y a pas de raison pour admettre que ce rôle respiratoire du sérum sanguin se perde avec la différenciation des corps sanguins, qui, chez les ani-

maux vertébrés, sont plus specialment chargés du transport de l'oxygène vers les tissus vivants grâce à la présence d'hémoglobine. Mais le rôle respiratoire du sérum sanguin se fait tout de même remarquer aussi chez les animaux vertébrés, quoiqu'il passe ici au second plan.

Les mêmes solutions minérales circulent aussi dans les vaisseaux des plantes.

Par ses racines la plante puise des sels minéraux nécessaire à la nutrition, tels que $MgSO_4$, KCl, KNO_3, NaCl, $CaSO_4$, $CaH_4(PO_4)_2$, $Fe_3(PO_4)_2$ etc. à l'état de solution. L'oxygène absorbé de cette solution est transporté par les vaisseaux du xylème et transmis aux tissus végétaux des racines, du tronc et des branches de la plante. C'est dans ce réservoir d'oxygène absorbé que les cellules végétales puisent l'oxygène nécessaire à la respiration."

Wie zu ersehen, sind die Thesen, welche Jules Amar verteidigt, genau dieselben wie die meinigen.

Nach dieser Abschweifung will ich mit der Wiedergabe meiner Samenstimulationsversuche fortfahren.

Stimulationskomponenten anderer Samenarten

Ähnliche zellstimulierende, keimungsfördernde Versuche, die den Zweck hatten die Stimulationskonstanten herauszufinden, wurden auch mit Samen vieler Kulturpflanzen angestellt (1914 und dann hauptsächlich von 1919—1923). Um die Arbeit zu vereinfachen, habe ich bei diesen letzten Versuchen nur einige wenige zellstimulierende Lösungen ausgewählt, die ich dann auf ihre optimale Wirkungsdauer bei den verschiedenartigsten Samen prüfte.

Es wurden bei diesen Laboratoriumsversuchen und auch bei den gleichzeitig laufenden Feldversuchen hauptsächlich folgende Stimulationslösungen angewandt, die ich bei früheren Publikationen der Einfachheit halber meist mit Zahlen angegeben habe:

$MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ (I); $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 15 ‰ (Ia); $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ (II); $MgSO_4$ 15 ‰ + KJ 0,5 ‰ (III); $MgSO_4$ 15 ‰ + KBr 0,25 ‰ (IIIa); KJ 1 ‰ (IV); KBr 3 ‰ (IVa); $MgCl_2$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KCl 7 ‰ (V); Chinaldin 0,25 ‰ bis 0,5 ‰ (Va); $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰ (VI); $MgCl_2$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ (VII) u. a., wie z. B. $MgBr_2$ 25 ‰; $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 15 ‰ + Na_2SO_4 10 ‰; KBr 3—5 ‰; $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + Na_2SO_4 10 ‰; Tannin 1 ‰ + KJ 0,5 ‰; NaFl 5 ‰; Methylal 1 ‰; KBr 5 ‰ + KJ 0,5 ‰ + Na_2SO_4 10 ‰; $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + MgBr 12 ‰ + KJ 0,1 ‰ + KNO_3 3‰ usw. Diese Lösungen wurden außerdem durch Zusätze von Kali-, Arsen-, Phosphor-, Quecksilber-, Tanninverbindungen usw. variiert, wie ich dies schon bei den Reiskeimungsversuchen

angegeben habe und wie es aus den später zu erörternden Feldstimulationsversuchen noch klar hervorgehen wird.

Nach vielen Keimungsversuchen wurden folgende annähernde Zahlen für die Behandlungsdauer verschiedener Samensorten festgestellt.

Gruppe I	Stimulans-Einwirkungszeit		Stimulans-Einwirkungszeit	
Tabak	$MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰	3 Std.	KBr 3 ‰	2 Std.
Kohl	„ „	5 „	„	2 „
Spinat	„ „	5 „	„	5 „
Melonen	„ „	6 „	„	6 „
Steckzwiebeln . .	„ „	½ „	„	½ „
Sonnenblumen .	„ „	6 „	„	5 „

Gruppe II	Stimulans-Einwirkungszeit		Stimulans-Einwirkungszeit	
Kürbis . .	$MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰	5 Std.	$MgCl_2$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰	5 Std.
Gurken . .	„ „	5 „	„ „	5 „
Tomaten .	„ „	5 „	„ „	4 „
Bohnen . .	„ „	10 Min.	„ „	10 Min.
Erbsen . .	„ „	20 Min.	„ „	20 Min.
Linsen . .	„ „	20 Min.	„ „	20 Min.
Mohn . . .	„ „	3 Std.	„ „	2 Std.
Senf . . .	„ „	3 „	„ „	4 „

Gruppe III	Stimulans-Einwirkungszeit		Stimulans-Einwirkungszeit	
Salat	$MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰	1½ Std.	$MgCl_2$ 13 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰	1½ Std.
Radieschen .	„ „	2 „	„ „	3 „
Porree . . .	„ „	3 „	„ „	3 „
Dill	„ „	3 „	„ „	3 „
Kohlrabi . .	„ „	3 „	„ „	3 „
Petersilie . .	„ „	5 „	„ „	3 „
Schnittlauch	„ „	6 „	„ „	5 „
Rettich . . .	„ „	2 „	„ „	3 „
Zwiebeln . .	„ „	6 „	„ „	5 „

Gruppe IV: Die entsprechenden Stimulationslösungen sind aus den Zahlen der oben angeführten Aufzählung zu ersehen.

Roggen VI — 3 Std., IVa — 3 Std.
Weizen VI — 3 Std., II — 4 Std.
Gerste VI — 5 Std., VII — 4 Std.
Hafer VI — 6 Std., II — 6 Std.
Buchweizen II — 8 Std., III — 6 Std.
Mais I — 6 Std., IVa — 3 Std.
Hirse II — 8 Std., VII — 6 Std.
Lupine I—15 Min., II—15 Min., IVa—30 Min.
Tabak II — 3 Std., III — 2 Std.
Baumwolle II — 10 Std., VI — 8 Std.
Mohn III — 2 Std.;
Rüben I — 3 Std., IVa — 4 Std., VI — 4 Std., VII 4 Std.;
Gras II — 2 Std., VI — 2 Std.;
Zwiebelsamen II — 6 Std., III — 6 Std.;
Kartoffel II — 2 Std., III — 2 Std., VI — 2 Std., IVa — 1 Std.;
Weißkohl II — 5 Std., IV — 2 Std., VI — 4 Std.;
Reis $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + KJ 0,25 ‰ — 36 Std., IVa 30 Std., $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰ + KCl 5 ‰ — 48 Std.;
Dahlienknollen VI — 1 Std., IVa — 1 Sdt. usw.

Die hier angegebenen Zahlen stellen nur annähernde Werte dar. Ich möchte hier ausdrücklich darauf hinweisen, daß dieselben bei den Samensorten verschiedener Provenienz noch einer Korrektur bedürfen, hauptsächlich deshalb, weil, wie erwähnt, die verschiedenen Samensorten eine verschiedene Durchlässigkeit der Schale und infolgedessen auch eine verschiedene Saugkraft besitzen. Wie bestimmend aber diese letztere die Keimungsprozesse beeinflußt, beweisen die diesbezüglichen Untersuchungen der Wiener Schule. (Zederbauer, Openheimer, Eibl u. a.) Im großen ganzen aber werden sich die Stimulationsbehandlungszeiten ungefähr um die angegebenen Zahlen bewegen.

Eine richtige und zuverlässige Einstellung der Stimulationskomponenten ist neben den orientierenden Keimversuchen hauptsächlich nach ausgedehnten Topfversuchen oder noch besser und sicherer nach wiederholten Feldversuchen zu erlangen.

Samenstimulationsfeldversuche

Um die Wirkungsweise der Samenstimulation auf das Wachstum und die Ertragsfähigkeit der Pflanzen, sowohl an Frucht als auch an Körpersubstanz, zu erläutern, will ich eine Anzahl von Feldversuchen mit stimulierten Samen hier folgen lassen.

Die Anlegung eines Samenstimulationsversuchs geschieht folgendermaßen: Das Saatgut wird in die frisch zubereitete Stimulationslösung bei Temperaturen von 20—25 ° C getan, und zwar so, daß es reichlich mit der Lösung bedeckt ist. Die Stimulation dauert, je nach der Samenart, von 10 Minuten anfangend (z. B. bei Bohnen) und bis 72 Stunden heraufsteigend, beispielsweise bei Reis. Im Laufe des Stimulationsprozesses werden in bestimmten Abständen abgemessene Teile des Saatgutes herausgenommen, an der Sonne oder bei Zimmertemperatur, noch besser aber bei einer Temperatur von 35—40 ° C getrocknet und dann ausgesät. Die Feldversuche werden nach den üblichen Vorschriften mehrmals wiederholt. Die Herausnahme des Saatgutes aus der Lösung nach verschieden langer Stimulationseinwirkung hat den Zweck, die optimale Stimulationsdauer herauszufinden.

Nach Gartenversuchen in den Jahren 1914—1915 — der erste Versuch im Frühjahr 1914 in Dachau bei München —, 1920—1921 und kleinen Feldversuchen (1921—1922) wurden 1922—1923 größere Feldversuche auf insgesamt 450 Dekar angelegt.

Von allen 1922—1923 in Bulgarien angestellten Versuchen fielen 75 % positiv aus. 25 % der Versuche zeigten keine nennenswerte Reaktion auf die Stimulationsmittel.

Ich gebe hier in Kürze die Resultate einiger positiv ausgefallenen Versuche wieder.

Feldversuche von 1922—1923 (Bulgarien)

Versuche mit Gerste

Philippopel, Gut Baltoff. Jede Parzelle 750 qm.
Kontrolle — 186 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 20 ‰, 8 Std. — 268,2 kg Korn je Dek.
„ 12 Std. — 202,4 „
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 8 Std. — 273,6 „
„ 12 Std. — 226,8 „

Kjustendil, Landw. Schule. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 115,1 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 8 Std. — 190,5 kg Korn je Dek.
„ 10 Std. — 161,5 „
„ 12 Std. — 133 „

T. Pazardjik, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 750 qm.
Kontrolle — 250 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 8 Std. — 286 kg Korn je Dekar.
„ 10 Std. — 242 „
Stim. $MgCl_2$ 30 ‰ 8 Std. — 322 „
schwach angesäuert mit nHCl 8 Std. — 273 „

Versuche mit Winterweizen

Aïtos, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 180 kg Korn je Dekar; Stroh 373 kg
Stim. $MgCl_2$ 13 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰, 3 Stunden
196 kg Korn je Dekar; Stroh 431
Stim. $MgCl_2$ 13 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰, 5 Stunden
206 kg Korn je Dekar; Stroh 412
Stim. $MgCl_2$ 13 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰, 7 Stunden
312 kg Korn je Dekar; Stroh 570

Borusch, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 1 Dekar.
Kontrolle — 126 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰, 3 Std. — 204 kg Korn je Dekar

T. Pazardjik, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 750 qm.
Kontrolle — 138 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 30 ‰, 6 Stunden 148 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 30 ‰, 3 Stunden und dann 30 Minuten Behandlung mit gesättigten Ätherdämpfen, 207 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $Mn\,SO_4$ 20 ‰, 3 Stunden und dann Behandlung mit gesättigten Ätherdämpfen, 179 kg Korn je Dekar
Widin, Staatl. Versuchsstation. Jede Parzelle 1,5 Dekar.
Kontrolle — 167 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 3 Stunden — 214 kg Korn Dek.

Varna, Dorf Russlari, Gut Michailoff. Jede Parzelle 1,5 Dekar.
Kontrolle — 180 kg Korn je Dekar; Stroh 240 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 3 Stunden — 200 kg Korn Dek.; Stroh 280 kg
Varna, Dorf Russlari, Gut Petkoff. Jede Parzelle 1,5 Dekar.
Kontrolle — 193 kg Korn je Dekar; Stroh 260 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 3 Stunden — 200 kg Korn Dek.; Stroh 275 kg

Stara Zagora, Gut Maneff. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 155 kg Korn je Dekar; Stroh 326 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 3 Stunden — 175 kg Korn Dek.; Stroh 372 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 5 Stunden — 180 kg Korn Dek.; Stroh 331 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 7 Stunden — 164 kg Korn Dek.; Stroh 322 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 9 Stunden — 176 kg Korn Dek.; Stroh 352 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 12 Stunden — 204 kg Korn Dek.; Stroh 366 kg

Sadowo, Landw. Knabenschule. Jede Parzelle 750 qm.
Kontrolle — 97 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 7 Std. — 131 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 30 ‰, 3 Stunden + 30 Minuten Behandlung mit Ätherdämpfen — 118 kg Korn je Dekar

Versuche mit Roggen

Varna, Dorf Russlari, Gut Michailoff. Jede Parzelle 1,5 Dekar.
Kontrolle — 242 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 3 Std. — 270 kg Korn je Dekar

Aïtos, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 210 kg Korn je Dekar; Stroh 315 kg
Stim. $MgCl_2$ 11,5 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 3,5 ‰ + $MgSO_4$ 13,5 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰, 2 Std. — 214 kg Korn je Dek.; Stroh 346 kg
Stim. $MgCl_2$ 11,5 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 3,5 ‰ + $MgSO_4$ 13,5 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰, 5 Std. — 217 kg Korn je Dek.; Stroh 315 kg
Stim. $MgCl_2$ 11,5 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 3,5 ‰ + $MgSO_4$ 13,5 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰, 7 Std. — 253 kg Korn je Dek.; Stroh 367 kg

Ein anderer Versuch. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 218 kg Korn je Dekar; Stroh 340 kg
Dasselbe Stimulans wie oben, 2 Std. — 246 kg Korn Dek.; Stroh 352
„ 5 Std. — 196 „ „ 308
„ 7 Std. — 279 „ „ 408

Versuche mit Hafer

T. Pazardjik, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 200 qm.
Kontrolle — 100 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 7 Std. — 140 kg Korn je Dekar; andere Parzelle 131 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 9 Std. — 151 kg Korn je Dekar; andere Parzelle 140 kg
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 10 Std. — 135 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 6 ‰ + $MgCl_2$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰ — 7 Std. — 135 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 6 ‰ + $MgCl_2$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰ — 9 Std. — 150 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 6 ‰ + $MgCl_2$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰ — 11 Std. — 135 kg Korn je Dekar

Philippopel, Staatl. Gestüt. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 165 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 5 ‰ + $MgSO_4$ 6 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰ — 7 Std. — 228 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 5 ‰ + $MgSO_4$ 6 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰ — 9 Std. — 174 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ — 7 Std. — 190 kg Korn Dek.
„ — 9 Std. — 189 kg Korn Dek.
„ — 12 Std. — 201 kg Korn Dek.

Stara Zagora, Staatl. Gestüt. Jede Parzelle 400 qm.
Kontrolle — 138 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 5 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KCl 5 ‰ + Formald. (1 ccm pro Liter) + Subl. (1 : 20 000), 3 Std. — 153 kg Korn
Stim. Formald. (1 ccm pro Liter), 3 Std. — 188 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 10 Std. — 167 kg Korn je Dekar

Sadowo, Landw. Knabenschule. Jede Parzelle 500 qm.
Kontrolle — 122 kg Korn je Dekar
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 9 Std. — 156 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KCl 8 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰, 12 Stunden — 142 kg Korn je Dekar

Versuche mit Hirse

Stara Zagora, Staatl. Baumschule. Jede Parzelle 250 qm.
Kontrolle — 139 kg Korn je Dekar; die Kontrolle im Zentrum, um sie herum acht stimulierte Parzellen:
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 8 Stunden — 162 kg Korn Dek.
Stim. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, 8 Stunden — 208 „
„ 8 Stunden — 180 „
Stim. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter), 8 Std. — 160 kg Korn je Dekar

Stim. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + Subl. (1:10 000) 3 Stunden — 152 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + Formald. (0,2 ccm pro Liter) + Subl. (1 : 20 000), 8 Stunden — 176 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 7 ‰ + Tannin 1 ‰, 6 Stunden — 216 kg Korn je Dekar
Dasselbe Stimulans, 8 Std. — 216 kg Korn je Dekar
Kontrolle — 129 kg Korn je Dekar; auch um diese Kontrolle acht stimulierte Parzellen:
Stim. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + Subl. (1 : 10 000), 8 Std. — 152 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $CuSO_4$ 2 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter) + KCl 5 ‰, 6 Std. — 162 kg Korn je Dek.
Stim. Tannin 1 ‰, 6 Std. — 156 kg Korn je Dekar
„ 8 Std. — 101 „
Stim. Sublimat 1 : 10 000, 3 Std. — 110 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $CuSO_4$ 2 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter) + KCl 5 ‰, 8 Std. — 154 kg Korn Dek.
Stim. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 1 ‰ + $MnSO_4$ 1 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter), 3 Std. — 134 kg Korn je Dekar
8 Std. — 141 „

Aïtos, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 200 qm.
Kontrolle — 160 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ 8 Std. — 216 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ 6 Std. — 174 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 6 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + KCl 4 ‰ + Subl. (1 : 20 000) + Formald. (0,4 ccm pro Liter), 5 Std. — 211 kg Korn Dek.

Kabiuk, Staatl. Gestüt. Jede Parzelle 100 qm.
Kontrolle — 190 kg Korn je Dekar
Stim. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰, 8 Std. — 280 kg Korn

Versuche mit Mais

Stara Zagora, Staatl. Baumschule. Anblaufläche 9 Dekar.

Der Versuch wurde mit 15 verschiedenen Stimulationslösungen angestellt, und zwar: I. $MgCl_2$ 30 ‰; II. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; III. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰; IV. $MgCl_2$ 17 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 12 ‰; V. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 5 ‰; VI. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter); VII. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + Subl. (1 : 10 000); VIII. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 1 ‰ + $MnSO_4$ 1 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter); IX. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 1 ‰

+ $MnSO_4$ 1 ‰ + Formald. (0,2 ccm pro Liter) + Subl. (1 : 20 000); X. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 7 ‰ + Tannin 1 ‰; XI. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter) + $CuSO_4$ 2 ‰ + KCl 5 ‰; XII. $MgCl_2$ 6 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + Tannin 1 ‰ + Subl. (1 : 20 000); XIII. Formald. (0,4 ccm pro Liter); XIV. Tannin 1 ‰; XV. Sublimat 1 : 10 000.

Die Ernteergebnisse waren folgende:

Jede Parzelle 100 m lang und 1,10 m breit, mit 2 Reihen Mais bebaut.

Parzelle Nr.	Stimulans	Ertrag von 200 Pflanzen in kg	Ertrag pro Dekar in kg (ausgerechnet von je 200 Pflanzen) (1260 Pflanzen)	Parzelle Nr.	Stimulans	Ertrag von 200 Pflanzen in kg	Ertrag pro Dekar in kg (ausgerechnet von je 200 Pflanzen) (1260 Pflanzen)	
1	I 4 Std.	32	201	32	X 8 Std.	38	239	Die 61 Parzellen von Nr. 1 anfangend von Ost nach West mit der Längsachse, von Süd nach Nord nebeneinander gereiht.
2	I 8 „	38	239	33	XI 4 „	35	220,5	
3	II 4 „	38	239	34	Kontrolle	30	**189**	
4	II 7 „	38,5	241	35	XI 8 Std.	42,4	267	
5	III 4 „	36	227	36	XIV 4 „	30	189	
6	III 9 „	36	227	37	XV 4 „	36	226,8	
7	IV 4 „	34	214	38	XV 8 „	35	220,5	
8	IV 9 „	36,5	231	39	Kontrolle	30	**189**	
9	XII 4 „	36	227	40	I 12 Std.	32	201,5	
10	XII 8 „	36	226,8	41	I 16 „	32	201,6	
11	XIII 4 „	34	214	42	II 16 „	41	258,3	
12	Kontrolle	30	**189**	43	XIV 8 „	38	239,4	
13	XIII 8 Std.	34	214,2	44	III 15 „	33	208	
14	V 4 „	38,5	241	45	IV 13 „	30	189	
15	Kontrolle	32	**201**	46	IV 17 „	34,5	217,3	
16	V 8 Std.	36	226,8	47	V 12 „	39	245,7	
17	VI 2 „	38	239,4	48	Kontrolle	26,8	**168,8**	
18	VI 4 „	33	208	49	VI 12 Std.	34,4	216	
19	VI 4 „	34,2	215,7	50	VII 12 „	34,5	216	
20	VII 2 „	34	214,2	51	VIII 12 „	30,6	192,8	
21	VII 4 „	32	201,6	52	IX 12 „	25	157,5	
22	VII 8 „	33	208	53	X 12 „	24	151,5	
23	VIII 3 „	36	226,8	54	X 16 „	30	151,2	
24	VIII 5 „	34,4	216,7	55	XI 16 „	38,2	215,5	
25	Kontrolle	29	**181,7**	56	XII 10 „	27	168	
26	VIII 8 Std.	34	214,2	57	XII 14 „	32	201,5	
27	IX 2 „	32	201,6	58	XIII 12 „	32	201,6	
28	IX 4 „	34	214,2	59	XIV 12 „	31,7	200	
29	IX 6 „	38	239	60	XV 14 „	32,6	205,4	
30	IX 8 „	38	239,4	61	Kontrolle	22,6	**142,4**	
31	X 4 „	40	252					

Sliven. Versuchsfeld Gymnasiallehrer Kantardjieff. Angebaute Fläche 2600 qm: Eine Kontrolle und eine stimulierte Parzelle.

Stim. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰. Das Saatgut in drei Teile geteilt, stimuliert 5, 8 und 10 Stunden, dann zusammengemischt und angesät.

Kontrolle — 145 kg Korn je Dekar; stimulierte Parzelle — 250 kg Korn je Dekar.

V a r n a. Versuchsfeld Kreisagronomin Russkowa

Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; II. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter); III. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰. Stimulationsdauer 10 Stunden. Jede Parzelle 225 qm.

Ausgerechnet pro Dekar in kg	I, 10 Std.	Kontrolle	II, 10 Std.	III, 10 Std.
Trockene Stengel	511	462	500	518
Deckblätter der Kolben	164	115	151	156
Kolben und Korn	604	488	560	578
Korn	**335**	**288**	**328**	**347**

T. P a z a r d j i k, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 47 m lang, mit je 4 Pflanzenreihen.

Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 30 ‰; II. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰; III. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰.

Kg Korn pro Dek.

Kontrolle	I, 4 Std.	I, 8 Std.	I, 12 Std.	II, 12 Std	II, 8 Std.	II, 4 Std.	Kontrolle
315	335	350	335	330	375	370	**325**

P h i l i p p o p e l, Gut Baltoff. Jede Parzelle besteht aus einer 300 m langen Pflanzenreihe; Anbaufläche 5 Dekar.

Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; II. $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰; III. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 1 ‰ + KCl 1 ‰ + Formald. 0,4 ccm pro Liter; IV. $MgCl_2$ 1 ‰ + Formald. 0,4 ccm pro Liter; V. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 1 ‰ + Sublimat 1 : 20 000 + Formald. 0,2 ccm pro Liter.

I, 4 Std.	I, 8 Std.	I, 12 Std.	II, 4 Std.	II, 9 Std.	II, 14 Std.	III, 4 Std.	III, 8 Std.	III, 12 Std.	Kontrolle	VI, 3 Std.	IV, 6 Std.	IV, 9 Std.	Kontrolle	V, 4 Std.	V, 8 Std.	V, 12 Std.
53	55	54	55	53	54	53	52,5	57	**46**	46	45,5	46	**48**	47	56,5	50,5

K a b i u k, Staatl. Gestüt. Anbaufläche 7,5 Dekar.

Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; II. $MgCl_2$ 30 ‰; III. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ + Formald. (0,2 ccm pro Liter); IV. $MgSO_4$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰; V. $MgSO_4$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter); VI. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MnSO_4$ 1 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter); VII. $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; VIII. $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰.

In jeder Parzelle sind die mit demselben Stimulans 4 Stunden, 8 Stunden, 12 Stunden und 16 Stunden behandelten Samen angebaut, und zwar von jeder Behandlungszeit je 3 Reihen. Für jede Behandlungszeit der Ertrag von je 130 Pflanzen ausgerechnet, und zwar nur die obere Versuchsreihe.

I	II	III	IV	Mittlere Kontrolle von 130 Pflanzen 38 kg	V	VI	VII	VIII
4 Std. **58** kg	4 Std. **50** kg	4 Std. 38 kg	4 Std. 39 kg		4 Std. **46,5** kg	4 Std. **52** kg	4 Std. 39 kg	4 Std. 23 kg
8 Std. **44,5** „	8 Std. 36 „	8 Std. 33 „	8 Std. **41** „		8 Std. 40 „	8 Std. 38 „	8 Std. 32 „	8 Std. 34 „
12 Std. 40 „	12 Std. 33 „	12 Std. 31 „	12 Std. 33 „		12 Std. 31 „	12 Std. 38 „	12 Std. 34 „	12 Std. 35 „
16 Std. 45 „	16 Std. 27,5 „	16 Std. 29 „	16 Std. 38 „		16 Std. 28 „	16 Std. 33,5 „	16 Std. 34 „	16 Std. 32 „

Kontrolle

I	II	III	IV	Kontrolle	V	VI	VII	VIII
4 Std.	4 Std.	4 Std.	4 Std.		4 Std.	4 Std.	4 Std.	4 Std.
8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.		8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.
12 Std.	12 Std.	12 Std.	12 Std.		12 Std.	12 Std.	12 Std.	12 Std.
16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.		16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.

Die stimulierten Pflanzen waren sehr gut entwickelt und zeigten durchschnittlich eine Höhe von 2,20—2,30 m, während die Kontrollpflanzen nur 1,90—2 m hoch waren. Vor dem Blühen war außerdem sehr deutlich ein Unterschied zwischen den mit Stimulationslösung behandelten Parzellen zu sehen: am besten und kräftigsten entwickelt waren die 4 Stunden lang stimulierten Pflanzen; bei den Parzellen der 8, 12 und 16 Stunden stimulierten Pflanzen war schon eine allmähliche stufenweise Abnahme in der Größe der Pflanzen zu beobachten. So deutlich wie hier waren diese Unterschiede bei keinem andern Versuch ausgeprägt.

Während des Wachstums wurde das ganze Versuchsfeld gleichmäßig — in ca. 30 % — von Botis nubilulis befallen.

Auch bei diesem Versuch tritt die günstige Wirkung der 4-Stunden-Stimulierung bei Mais deutlich hervor. Bei der höheren Stundenzahl fällt die stimulierende Wirkung ab, manchmal sogar unter die Kontrolle.

Auffallend ist die ungünstige Wirkung der Lösungen III, VII, VIII und zum Teil auch IV. Eine schwache stimulierende Wirkung zeigte die Lösung VII auch bei Maisversuchen im Jahre vorher: bei Mais wirkt die Zusammensetzung $MgSO_4$ + $MnSO_4$ besonders in mancher prozentualen Mischung ungünstig.

Versuche mit Wicke

Kabiuk, Staatl. Gestüt. 12 Parzellen von je 500 qm.

Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰ + KCl 5 ‰; II. $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; III. Formald. 0,4 ccm pro Liter; IV. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 8 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 7 ‰ + Tannin 0,5 ‰.

Kontrolle 130 kg Korn je Dekar.

Stim. I, ½ Std. — 180 kg; I, 1 Std. — 156 kg; I, 1½ Std. — 158 kg.
Stim. II, ½ Std. — 141 kg; II, 1 Std. — 134 kg; II, 1½ Std. — 131 kg.

Kontrolle 137 kg Korn je Dekar.
Stim. III, ½ Std. — 156 kg; III, 1 Std. — 166 kg; III, 1½ Std. — 155 kg.
Stim. IV, ½ Std. — 147 kg; IV, 1 Std. — 133 kg; IV, 1½ Std. — 120 kg.

T. Pazardjik, Landw. Frauenschule. Jede Parzelle 200 qm.
Mittlere Kontrolle 165 kg Grünfutter pro Parzelle.
Stim. $MgSO_4$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰, 1 Std. — 187 kg.
Stim. $MgCl_2$ 6 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 5 ‰ + Tannin 1 ‰, 1 Std. — 277 kg.
Stim. $MgCl_2$ 6 ‰ + $MnSO_4$ 1 ‰ + $MgSO_4$ 2 ‰ + KCl 4 ‰ + $FeSO_4$ 1 ‰ — 273 kg.

Kneja, Landw. Schule. 18 Parzellen zu je 500 qm.
Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 6 ‰; II. $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 6 ‰ + Tannin 1 ‰; III. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + KCl 6 ‰; IV. $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰.
I, 1 Sd. — 166 kg; I, 2 Std. 154 kg; I, 3½ Std. — 158 kg; I, 5 Std. — 178 kg.
II, 1 Std. — 150 kg; II, 2 Std. — 162 kg; II, 3½ Std. — 142 kg; II, 5 Std. — 160 kg.
Kontrolle — 138 kg Korn je Dekar.
III, 1 Std. — 174 kg; III, 2 Std. — 148 kg; III, 3½ Std. — 148 kg; III, 5 Std. — 148 kg.
IV, 1 Std. — 162 kg; IV, 2 Std. — 162 kg; IV, 3½ Std. — 166 kg; IV, 5 Std. — 142 kg.

Sofia, Gut Kotzeff. Jede Parzelle 40 qm.
Stimulationslösungen: I. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰; II. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ + Formald. 0,2 ccm pro Liter; III. Formald. 0,4 ccm pro Liter.
Kontrolle — 375 kg Trockenfutter je Dekar.
I, 1 Std. — 576 kg; I, 3 Std. — 506 kg.
II, 1 Std. — 468 kg; II, 3 Std. — 400 kg.
III, 1 Std. — 425 kg; III, 2 Std. — 431 kg.

Versuche mit Rüben

Philippopel, Staatl. Gestüt. Jede Parzelle 200 qm.
Stimulationslösungen: I. $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰; II. $MgCl_2$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KCl 7 ‰ III. $MgCl_2$ 7 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 7 ‰.
Kontrolle 2970 und 2825 kg je Dekar.
I, 4 Std. — 3210 kg; I, 7 Std. — 3625 kg; I, 10 Std. — 3800 kg.
II, 4 Std. — 4075 kg; II, 7 Std. — 4615 kg; II, 10 Std. — 4100 kg.
III, 4 Std. — 3250 kg; III, 7 Std. — 3150 kg; III, 10 Std. — 3100 kg.

Versuche mit Buchweizen (Polygonum rotundatum und Polygonum marginatum).

Erwähnen möchte ich hier auch die von meinem Assistenten G. Paspaleff im Botanischen Garten (1923) angestellten ausgedehnten Topfversuche mit Buchweizen.

Stimulationslösungen: I. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰; II. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰; III. KJ 1 ‰. (Abb. 22, 23, 24, 25, 26.)

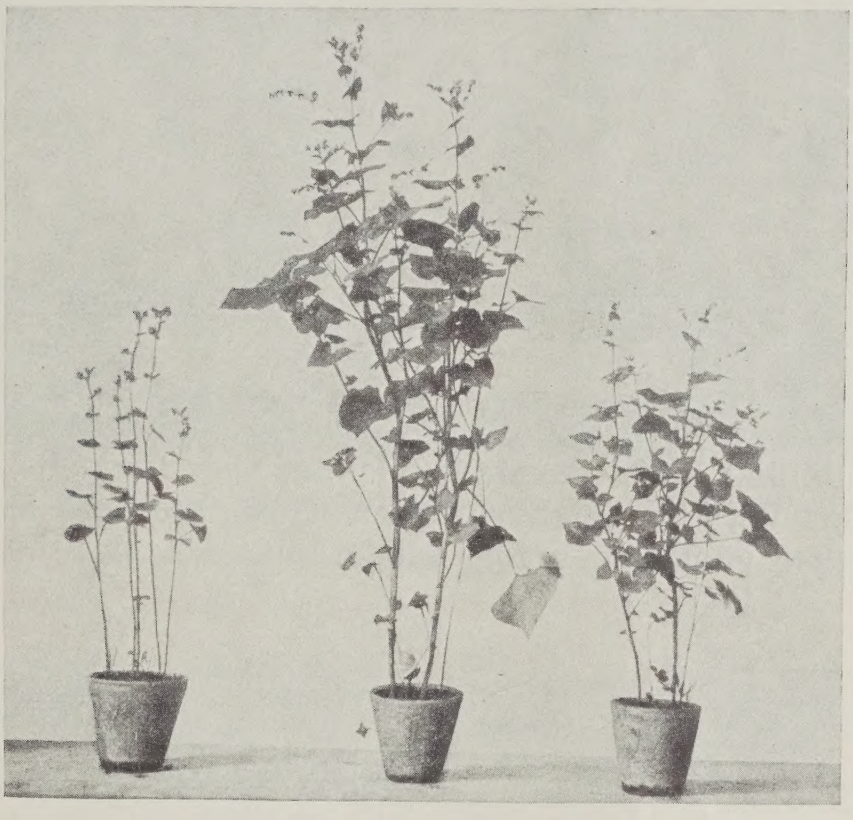


Abb. 22. Links — Wasserkontrolle 8 Std., in der Mitte — stimuliert 8 Std. mit $Mg\ 30_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, rechts — Trockenkontrolle.

Die stimulierten Pflanzen zeigten eine aufsteigende Zunahme der Wachstumspotenz im Zusammenhang mit der Stundenzahl der Stimulierung. Der Höhepunkt der Stimulationseinwirkung wurde für die Lösung $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ bei 8 Stunden Einwirkung erreicht; gleich darauf, nach 10 Stunden, zeigten die Pflanzen schon einen starken Abfall in der Entwicklung. Für die Lösung $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰ war das Optimum der Einwirkung bei 2 Stunden und für die Lösung KJ 1 ‰ — 4 Stunden. Die optimal stimulierten Pflanzen waren fast zweimal größer und üppiger als die Wasser- und Trockenkontrollen. Sie entwickelten ein viel stärkeres Wurzelsystem und zeigten eine besonders stark auffällige Vergrößerung der Assimilationsblattoberfläche; dieselbe war nach Messungen bei der Kontrolle 271,4 qcm und bei den stimu-

lierten Pflanzen 742,6 qcm und darüber (Stim. II, 8 Stunden). Parallel mit dieser Steigerung der Wachstumsüppigkeit ging auch

Abb. 23. Rechts — Trockenkontrolle, links — stimuliert 2 Std. mit $MgCL_2$ 10‰ + $MgSO_4$ 20‰.

die Fruchtbildung, die ebenfalls bis auf das Doppelte gesteigert wurde. Der Versuch mit Buchweizen wurde mehrere Male immer mit demselben günstigen Erfolg wiederholt.

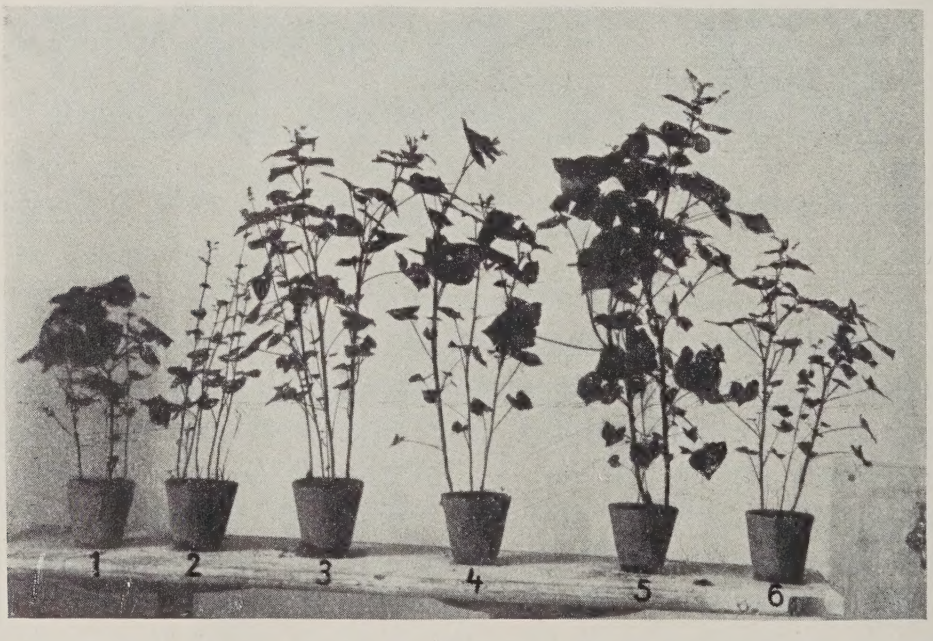


Abb. 24. Von links nach rechts: 1, Trockenkontrolle; 2, Wasserkontrolle; 3, 4, 5, 6 — stimuliert mit $MgSO_4$ 10‰ + $MnSO_4$ 20‰ — 2, 5, 8 und 10 Std.

Diese Versuche wurden 1924 nochmals wiederholt und dabei an Hand ausgedehnter und detaillierter Topfversuche auch die stimulierende Wirkung vieler anderer Lösungskombinationen erprobt.

Folgende optimale Einwirkungszeiten wurden festgestellt, so z. B. für $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KJ 0,5 ‰, optimale Einwirkung 7 Stunden; für $MgSO_4$ 15 ‰ + KJ 0,25 ‰ — 6 Stunden; für KBr

Abb. 25. Links — Wasserkontrolle, in der Mitte stimuliert mit KJ 1‰ 6 Std., rechts — Trockenkontrolle.

Abb. 26. Links — Stimuliert mit $MgSO_4$ 10% + $MnSO_4$ 20% — 8 Std., in der Mitte — Trockenkontrolle, rechts — stimuliert mit KJ 1% — 6 Std.

10 ‰ — 2 Stunden; für KBr 3 ‰ — 7 Stunden; für Kal. arsenic. 0,5 ‰ — 6 Stunden; für Methylal 1 ‰ — 4 Stunden; für Chinon 0,5 ‰ — 8 Stunden; gute Resultate gab es aber auch bei einer Behandlung von 4 Stunden; für $CaH_2(PO_4)_2$ — 6 Stunden usw.

Eine bestätigende Nachprüfung dieser Versuche ergaben auch die Untersuchungen (Topfversuche) von Schmidt[1]) (Eberswalde 1924), wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist:

		Aussaatgewicht der 32 Körner am 7. 6. 24 g	Erntegewicht am 6. 8. 24 (Frischgewicht) g	Durchschnittshöhe bei der Ernte (Zentimeter)
1. KBr 3 ‰ $7^1/_2$ Stunden	Langsam aufgelaufen, überholte alle andern Versuchstöpfe. Sehr gleichmäßig, starke Pflanzen	0,632	79,40	70
2. 3 Stunden H_2O_2 (1%)	Anfangs am schnellsten gekeimt, im Wachstum völlig zurückgeblieben	0,653	26,14	40
3. 5 Stunden dest. Wasser, Kahlbaum, Sauerstoff ausgekocht	Im Wachstum stimuliert, gleichmäßiger als V, sonst aussehen wie V	0,683	52,34	50
4. 5 Stunden dest. Wasser, Kahlbaum	Gleichmäßig etwa wie 6	0,690	36,08	45
5. 2 Stunden H_2O_2	Enthält die stärksten Pflanzen überhaupt, daneben auch schwächere	0,683	44,82	56
6. Unbehandelt	Im Wachstum zurück, gleichmäßig	0,675	33,14	40

„Die Stimulationswirkung bei Kalibromid steht außer Frage, gleichzeitig ist der Keimverlauf hierbei ursprünglich der langsamste gewesen."

Dieselben günstigen Resultate ergaben, wie wir später sehen werden, auch die Feldversuche.

Gute Resultate zeigten in derselben Zeit auch kleinere Gartenversuche mit Tomaten, Kartoffeln, Sojabohnen u. a.

Besonders erwähnen möchte ich hier den Versuch mit blauen Tomaten (Aubergines — Solanum esculentum), der (1923) in der Landw. Schule T.-Pazardjik auf 80 qm angestellt wurde. Stimulationslösungen: $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ und $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, Behandlungszeit 3 und 5 Stunden. Die stimulierten Pflanzen entwickelten sich kräftiger als die Kontrollen; sie zeigten dickere Stengel, reichlichere Verzweigung und Belaubung, die Blätter größer und von dunklerer Farbe und die reifen Früchte fast 1½mal größer als die der Kontrollen (Abb. 27).

Diese Versuche wurden (1924) von meiner Assistentin Jeljaskowa wiederholt (Topfversuche), und zwar mit denselben günstigen

[1]) Schmidt, W.: Über Vorquellung und Reizbehandlung von Koniferensaatgut. Zellstforsch. Bd. I, Heft 3, 1925.

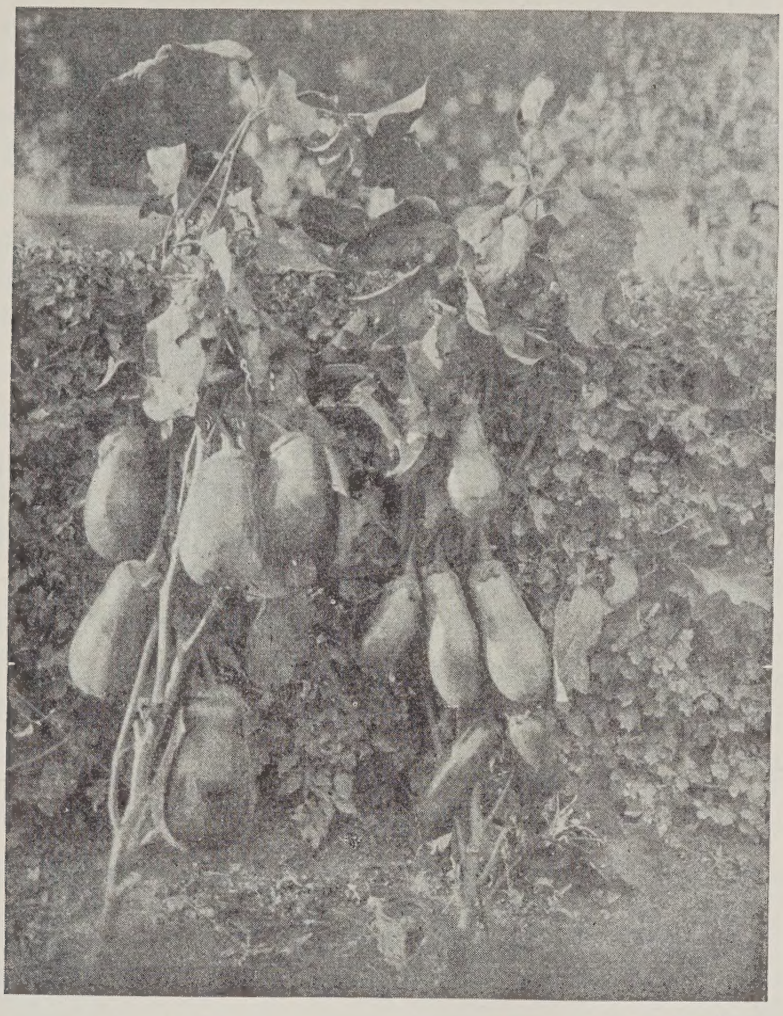


Abb. 27. Links stimuliert — mit $MgSO_4$ 10% + $MnSO_4$ 20% — 5 Std., rechts — Kontrolle.

Abb. 28. Die Töpfe Links stimuliert mit KBr 3% — 5 Std., die 2 Töpfe rechts — Kontrolle.

Resultaten. Die festgestellte optimale Einwirkungszeit war für die oben angegebenen Lösungen zwischen 5 und 6 Stunden (Abb. 28).

Ein auffallend gutes Wachstum zeigten auch die Versuche mit Grassamen (Stimulans $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ und $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰ — bei Behandlungszeit 2 Stunden) (Abb. 29), und zwar sowohl in Topf-, als auch in kleinen Gartenversuchen (Parzellen von je 2 qm). Die stimulierten Parzellen waren dichter gewachsen und von dunklerem Aussehen. Dieselben günstigen Resultate ergaben die Grasversuche (1924) bei ihrer Wiederholung in Antonienhof bei Berlin.

Sehr gute Resultate erzielt man beim Experimentieren mit Senfsamen. Dieser reagiert besonders leicht und zuverlässig auf Stimulationseinwirkungen und ist ein dankbares Objekt, um die Wirksamkeit der Stimulationsbeeinflussung zu demonstrieren. Günstige Resultate bekommt man bei Behandlung der Senfsamen mit $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ — 3 Stunden, mit $MgCl_2$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ — 4 Stunden, mit $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰ — 3 Stunden, mit KBr 3 ‰ — 3 Stunden, mit KJ 1 ‰, mit NaF 10 ‰ — 4 Stunden usw.

Abb. 29. Links und rechts stimuliert, in der Mitte Kontrolle.

Die Gartenversuche mit Sonnenblumen zeigten auch beachtenswerte Unterschiede. Die Samen wurden 5 Stunden mit den Lösungen $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰, KBr 3 ‰, KJ 1 ‰ — 3 Stunden — stimuliert.

Versuche mit Reis.

1. Philippopel, Gut Baltoff. Der Versuch wurde am 10. Mai 1923 auf 24 Parzellen von je 1000 bzw. 500 qm angestellt.

Als Stimulationslösungen dienten verschiedene Mischungen von Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Mangansulfat, Mangannitrat,

Chlorkalium, Aldehyden, Tanninverbindungen, Quecksilbersalze, phosphorsaure Salze usw., deren Wirkung durch viele Laboratoriumsversuche vorher genau ermittelt worden war.

Die angewandten Stimulationslösungen sind folgende:

I. Tannin 1 ‰;

II. $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰;

III. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰ + KCl 5 ‰;

IV. $MgCl_2$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 4 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 6 ‰;

V. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 2 ‰ + KCl 2 ‰ + Tannin 1 ‰;

VI. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 2 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + KCl 2 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter);

VII. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 5 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter);

VIII. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 2 ‰ + $MnSO_4$ 3 ‰ + KCl 2 ‰ + Subl. (1 : 20 000);

IX. $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + KCl 5 ‰ + Subl. (1 : 50 000) + Formald. (0,4 ccm pro Liter);

X. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 1 ‰ + $MnSO_4$ 2 ‰ + Subl. (1 : 10 000);

XI. Tannin 1 ‰ 34 Stunden und dann 14 Stunden $MgCl_2$ 3 ‰ + $MgSO_4$ 3 ‰ + $MnSO_4$ 3 ‰ + KCl 4 ‰;

XII. $MgCl_2$ 2 ‰ + $MgSO_4$ 2 ‰ + KCl 1 ‰ + Tannin 1 ‰ + Formald. (0,4 ccm pro Liter).

Die Behandlungszeit beim Reis bewegte sich je nach der Zusammensetzung der Lösungen von 24—72 Stunden. Gleich nach der Behandlung oder höchstens einige Stunden später wurde der stimulierte Samen auf den mit Wasser bedeckten Reisfeldern ausgesät, in Mengen von 18 kg pro Dekar.

Der Kontrollsamen blieb ebenfalls vor der Aussaat 24 bis 72 Stunden im Wasser liegen, so daß sowohl der behandelte als auch der Kontrollsamen vor der Aussaat gleich viele Stunden zur Vorkeimung in Wasser bzw. in den Stimulationslösungen gehalten worden war. Die Notwendigkeit einer Vorkeimung beim Reis bringt es mit sich, daß der Samen gleich nach der Behandlung ausgesät werden muß, da sonst bei einer eventuellen Austrocknung der Samen der Keimungsvorgang unterbrochen wird, was schädlich auf die spätere Entwicklung wirkt. Der stimulierte Reis wuchs kräftig und üppig, zeigte eine stärkere Bestockung und eine dunklergrüne Färbung als die Kontrollfelder. Geerntet wurde am 15. September, und am 20. September wurde die Ernte der Parzellen, jede für sich, im ganzen ausgedroschen. Die erzielten Resultate waren folgende:

Lösung	Behandlungszeit	Angebaute Fläche in Dekar	Ertrag pro Dekar in kg	Lösung	Behandlungszeit	Angebaute Fläche in Dekar	Ertrag pro Dekar in kg
I	48 Std.	2	**194,5**	VI	48 Std.	0,5	**203**
I	72 „	2	**199**	VII	24 „	0,5	**244**
II	24 „	1	**265**	VII	48 „	0,5	**194**
II	48 „	2	**244**	VIII	24 „	0,5	**180**
II	72 „	1	**238**	VIII	48 „	0,5	**212**
III	48 „	1	**183**	IX	24 „	0,5	**296**
IV	48 „	1	**318**	IX	48 „	0,5	**109**
IV	72 „	1	**265,5**	X	24 „	0,5	**306**
V	48 „	2	**215,5**	X	48 „	0,5	
V	72 „	1	**167**	X	36 „	1	**115**
VI	24 „	0,5	**250**				

Als Kontrollen dienten bei diesem Versuch nicht nur die zwei je 1 Dekar großen Parzellen an beiden Enden des Versuchsfeldes, welche 1 2 5 bzw. 1 4 8 kg Korn pro Dekar ergaben, sondern als Kontrolle diente auch ein angrenzendes Reisfeld, 20 Dekar groß, das ebenfalls an demselben Tag wie die Versuchsparzellen mit 18 kg Saatgut pro Dekar angebaut worden war. Der mittlere Ertrag aus diesem Kontrollfeld war 168 kg pro Dekar — und diese letzte Zahl (1 6 8 kg pro Dekar) nehme ich als Vergleichszahl bei der Beurteilung der Ertragsergebnisse der Stimulationsversuche.

Aus einer vergleichenden Betrachtung der Resultate ist zu ersehen, daß die meisten der angewandten Stimulationslösungen eine sehr günstige Einwirkung auf den Samen ausgeübt haben; es ist vielfach zu einer Steigerung des Ernteertrages von über 50 % gekommen (bei den Lösungen II, III, IV, IX, X). Die optimale Einwirkungszeit bewegt sich je nach der Lösung zwischen 24 und 48 Stunden. Die Schwankungen der Erträge, je nach den Behandlungszeiten, sind deutlich zu erkennen.

Ähnliche Resultate wurden auch bei dem Reisversuch im

2. Dorf Komatjewo auf dem Gut der Gebrüder Lukow erzielt. Der Versuch wurde auf 8 Dekar am 16. Mai 1923 angestellt.

Als Stimulationsmittel wurden die Lösungen I, II, IV und V vom Versuch Baltoff angewandt. Angebaut wurden 17 kg Saatgut pro Dekar.

Während der ersten vier Wochen des Wachstums zeigte der Versuch keine merklichen Unterschiede von den Kontrollen und den angrenzenden Reisfeldern. Zu Anfang des zweiten Monats aber fing die intensive Entwicklung des stimulierten Reises an, so daß er bald an Üppigkeit, an gesundem Aussehen und an der tiefer grünen Färbung von den anderen Reisfeldern abstach. Die reifen Ähren waren größer und voller als die der Kontrollen. Geerntet wurde am 18. September 1923 und das Resultat eine Woche später durch Ausdreschen der ganzen Parzellen festgestellt:

Lösung	Behandlungszeit	Angebaute Fläche in Dekar	Ertrag pro Dekar in kg	Lösung	Behandlungszeit	Angebaute Fläche in Dekar	Ertrag pro Dekar in kg
I	72 Std.	1	484	V	72 Std.	1	235
II	48 „	1	417	Kontrolle		1	280
II	72 „	1	414	Mittlere Kontrolle von 5 andern			
IV	48 „	1	490	angenzenden Dekar			310
IV	72 „	1	276				

Wie aus den angeführten Angaben zu ersehen ist, beträgt der Ertrag der Kontrolle 280 kg bzw. 310 kg pro Dekar. Die Erträge der stimulierten Parzellen steigen auch hier im Vergleich zu der Kontrolle 310 oft über 50 %, so z. B. Parzelle I 72 Stunden und Parzelle IV 48 Stunden.

Ähnlichen Verlauf zeigte auch ein anderer

3. Versuch, der ebenfalls auf den Ländereien der Gebrüder Lukow, die etwa 18 km von dem vorhergenannten Versuchsfeld entfernt lagen, am 19. Mai 1923 angestellt wurde. Als Stimulationsmittel wurden die Lösungen VI, VIII, IX und XI vom Versuch Baltoff angewandt.

Ausgesät wurden 17,5 kg Saatgut pro Dekar. Geerntet wurde am 23. September 1923. Nach dem Ausdreschen zeigten die Parzellen folgende Erträge:

Lösung	Behandlungszeit	Angebaute Fläche in Dekar	Ertrag pro Dekar in kg	Lösung	Behandlungszeit	Angebaute Fläche in Dekar	Ertrag pro Dekar in kg
V	24 Std.	I	156	XI	62 Std.	I	295
V	48 „	I	160	IX	24 „	I	223
VIII	24 „	I	207	IX	48 „	I	176
VIII	48 „	I	220	Kontrolle		I	171

Eine beträchtliche Steigerung des Ertrages zeigten auch hier die Parzellen, deren Saatgut mit den Lösungen VIII — 24 Stunden und 48 Stunden, XI — 62 Stunden, und IX — 24 Stunden behandelt worden war.

Hier möchte ich auch einen

4. Reisfeldversuch von Prof. St. Konsuloff (1924) erwähnen. Ich gebe den Versuch nach seiner Beschreibung wieder:

„Bei den Mengen der Stimulantien, über die wir jetzt verfügen (siehe die Arbeiten von Popoff in „Zellstimulationsforschungen", Paul Parey), kamen bei meinen Versuchen nach Angaben von Popoff hauptsächlich Halogen-Verbindungen (KJ und KBr) zur Anwendung, die bis jetzt wohl im Laboratorium, aber nicht auf dem Felde im Großen ausprobiert worden waren.

Diese Versuche habe ich auf Reisfeldern, die in der Nähe des Dorfes Sarambey in Südbulgarien liegen, angestellt. Der Boden beider Felder ist lehmsandig, gilt nicht als sehr fruchtbar und bringt sehr bescheidene Erträge. Im Jahre vorher war das Feld mit Roggen

bestellt gewesen und hatte in diesem Frühling keinen Dünger bekommen.

Feldversuch Nr. 1

Das Feld wurde in vier nebeneinander liegende Parzellen eingeteilt, von denen die erste und die dritte mit stimulierten Samen bebaut wurden und die übrigen zwei als Kontrollen verblieben. Die Stimulationslösung KBr 3 ‰ hatte eine mittlere Temperatur von ca. 20° C. Ein Teil des Saatgutes wurde 24 Stunden, ein zweiter Teil 30 Stunden darin gelassen und damit je eine Parzelle des Versuchsfeldes angebaut (10. Juni 1924), gleichzeitig mit den Kontrollen.

Anfangs machte sich kein großer Unterschied in der Entwicklung des Versuches bemerkbar. Erst im August war ein deutlicher Unterschied bei der 30 Stunden stimulierten Parzelle festzustellen; die stimulierten Pflanzen standen dichter und das Unkraut war schwächer gewachsen. In der 24 Stunden stimulierten Parzelle war kein Unterschied im Vergleich mit der Kontrolle zu bemerken.

Am 5. Oktober wurde das Reisfeld abgeerntet. Die Kontrollen ergaben zusammen von 440 qm 262 kg Garben (gleich nach dem Mähen gewogen), oder pro Dekar 597,2 kg. Die stimulierte Parzelle Nr. I (Einwirkungsdauer 24 Stunden) ergab von 418 qm 304 kg Garben, d. i. 727,3 kg pro Dekar. Der Mehrertrag an frischen Garben beträgt 21,8 %.

Die stimulierte Parzelle Nr. II (Einwirkungsdauer 30 Stunden) ergab 198,2 kg auf einer Fläche von 204 qm, d. i. 971,6 kg pro Dekar. Mehrertrag an frischen Garben 62,7 %.

Nach dem Austrocknen wurden die Garben gedroschen. Die Kontrollen ergaben von 440 qm 104 kg ungeschälten Reis, d. i. 236,4 kg pro Dekar. Die stimulierte Parzelle Nr. I (Einwirkungsdauer 24 Stunden) 102,5 kg von 418 qm, d. i. 245,2 kg pro Dekar. Der Mehrertrag an Korn ist ganz unbedeutend, nur 3,7 %. Die stimulierte Parzelle Nr. II (Einwirkungsdauer 30 Stunden) ergab pro Dekar 303,9 kg ungeschälten Reis, d. i. ein Mehrertrag von 28,5 %.

Die erzielten Resultate führen zu der Schlußfolgerung, daß das Optimum der angewandten Stimulationslösung über 30 Stunden zu suchen ist.

Feldversuch Nr. II

Als Stimulans wurde hier eine Kombination von $MgCl_2$, $MgSO_4$ und KJ verwandt ($MgSO_4$ 10 ‰ + $MgCl_2$ 15 ‰ + KJ 0,5 ‰), Einwirkungsdauer 36 Stunden. Das ganze Feld wurde in zwei Hälften eingeteilt. Die eine Hälfte (2½ Dekar) wurde mit stimuliertem Samen bestellt, die andere Hälfte als Kontrolle mit Normalsamen angebaut.

Schon nach einigen Wochen stand die stimulierte Hälfte besser als die Kontrolle. Im September war der Unterschied so groß und auffallend, daß man, an der Grenzlinie stehend, den Eindruck bekam, als befänden sich hier zwei ganz verschiedene Reisfelder: links

befand sich ein Reisfeld wie alle in der Umgebung, rechts lag ein Feld mit sehr üppigem Wachstum und sehr dicht stehenden Halmen.

Dieses Reisfeld wurde am 28. September abgeerntet. Damit jeder Verdacht ausgeschlossen war, daß vielleicht auch Bodenunterschiede hätten mitwirken können, und um anderseits das Resultat näher untersuchen zu können, habe ich in der Mitte der Grenzlinie, links und rechts, je eine gleiche Fläche von 180 qm abgegrenzt und sorgfältig mähen lassen. Das Resultat war folgendes: Die Kontrolle ergab 89 kg frische Garben, d. i. 494,4 kg pro Dekar, der stimulierte Teil 155 kg, d. i. 864,1 kg pro Dekar. Der Mehrertrag an frischen Garben belief sich auf 74,2 %."

„Nach einer Woche wurden in meiner Anwesenheit die gesamten abgemähten Parzellen mit der Hand sorgfältig gedroschen, das Stroh auf etwa zurückgebliebene Körner nachgeprüft und der ungeschälte Reis gewogen. Die Kontrolle ergab 37 kg, d. i. 205,55 kg pro Dekar, der stimulierte Teil 59 kg, d. i. 327,77 kg pro Dekar. Der reine Mehrertrag an Korn belief sich auf 59,46 %."

Die Untersuchungen haben fernerhin ergeben, daß „die Zunahme der Kornernte hauptsächlich der Zunahme der Halme der einzelnen Pflanzen zuzuschreiben ist.". („Pflanzenbau", 1924.)

Bei den bis jetzt besprochenen Versuchen zeigten die stimulierten Parzellen in ihrem gesamten Aussehen ein üppigeres Wachstum als die Kontrollen: Die stimulierten Parzellen waren dichter und die Pflanzen kräftiger. Die Dichtigkeit der Parzellen wurde, wie die Beobachtungen zeigten, 1. durch die reichlichere Bestockung der stimulierten Pflanzen und 2. wohl auch durch den höheren Prozentsatz der aufgegangenen Samen hervorgerufen. Es ist eine Folge der reichlicheren Bestockung, daß die einzelnen Pflanzen nicht auch noch die Kraft für ein entsprechendes Höhenwachstum der Stengel aufbringen können, deshalb unterscheiden sich die stimulierten von den nicht stimulierten Parzellen nur durch geringe — 15—20 cm — Höhenunterschiede voneinander. Dasselbe ist der Fall bei allen sich bestockenden Pflanzen, wie Weizen, Roggen, Gerste, Hafer usw.

Ganz anders ist das Bild bei den Pflanzen, die nur e i n e n Stengel ausbilden. Hier zeichnen sich die stimulierten, kräftigeren Pflanzen auch durch einen beträchtlichen Höhenunterschied von den nicht stimulierten Kontrollpflanzen aus, wie dies aus der nachfolgenden Beschreibung der Versuche mit Baumwolle und Tabak klar hervortreten wird.

V e r s u c h e m i t B a u m w o l l e

Wie bei allen Samenarten, wurden auch mit Baumwolle eingehende Vorversuche im Laboratorium angestellt, um die Durchlässigkeit der Samen für die Stimulationslösungen zu prüfen und die Stundenzahl der günstigsten Einwirkung festzustellen. Es zeigte

sich, daß sich am besten diejenigen Keimlinge entwickelten, welche einer Behandlung mit Stimulationsgemischen von Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Mangansulfat und Chlorkalium unterworfen worden waren. Die so gewonnenen Laboratoriumsresultate wurden dem Kreisagronomen Draganoff in Charmanli (Südbulgarien) übermittelt, um sie in Feldversuchen nachzuprüfen. Dies geschah von ihm mit besonderer Sorgfalt und Umsicht. — „Die Samen in zwei Partien geteilt, sind in den Stimulationslösungen I $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ + KCl 5 ‰ und II $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰ 10 Stunden lang gehalten worden, dann zusammengemischt (Bistimulation) und angebaut. Als Kontrolle dienten Baumwollsamen, die, wie hierzulande üblich, ebenfalls 10 Stunden lang in einer frischen Kuhmistaufschwemmung gehalten worden waren. Der Versuch wurde auf 2 Dekar angestellt, wovon 1 Dekar mit dem Kontrollsamen und der andere mit dem stimulierten Samen angepflanzt wurde. Die Anpflanzung wurde am 25. März 1923 vorgenommen." „Die stimulierten Samen gingen am 10. April auf, die Kontrollen am 12. April." Von Anfang an blieb die Pflege für beide Parzellen genau dieselbe. „Schon bei der zweiten Bodenlockerung am 24. April war ein Unterschied zwischen den Kontrollen und den stimulierten Pflanzen zu bemerken. Die letzteren waren von viel tieferem Grün, was für eine Erhöhung des Chlorophyllgehaltes spricht, und von merklich üppigerem Wachstum. Die stimulierten Pflanzen waren 22—25 cm höher und reicher verzweigt. Am 27. Juni gingen bei den stimulierten Pflanzen, die reichlich Knospen angesetzt hatten, die ersten Blüten auf, während die Kontrolle erst am 2. Juli die ersten Blüten aufwies. In der Blütezeit, in der die Baumwolle ihre volle Entwicklung erreicht, waren die stimulierten Pflanzen 1,50 m hoch und die Kontrollen 90 cm (Abb. 30). Außerdem waren die stimulierten Pflanzen viel üppiger, reicher verzweigt und blütenreicher; es waren bis zu 65 Blüten an einem Stock." „Dem stärkeren Wuchs der stimulierten Pflanzen entsprechend, waren auch die Wurzeln stärker und kräftiger entwickelt als die der Kontrolle. Eine auffallende Erscheinung war, daß die Früchte der Kontrolle schneller reiften als die der stimulierten Pflanzen, trotzdem die Kontrolle später als die stimulierten Pflanzen angefangen hatte zu blühen. So beobachtete ich die ersten aufgeplatzten Früchte bei der Kontrolle am 10. September und bei den stimulierten Pflanzen erst am 15. September. Die Ernte wurde sowohl bei der Kontrolle als bei den stimulierten Pflanzen am 18. Oktober beendet; als Endresultat ergab sich, daß von der stimulierten Parzelle 123 kg rohe Baumwolle (Samen mit Faser) und von der Kontrollparzelle nur 55 kg geerntet werden konnten, was einen Mehrbetrag von über 100 % bedeutet. Die Qualität der Faser, nach Gutachten von Praktikern, ist fein und ausgezeichnet." (Draganoff, Deutsche Landwirtsch. Presse, 10. Mai 1924.)

Versuche mit Tabak

Die Laboratoriumsversuche mit Tabak erwiesen, daß der Tabaksamen nicht leicht durchlässig für die Stimulationslösungen ist. Sie zeigten, daß die optimale Behandlungszeit ungefähr 3 Stunden ist. Die Übertragung der Laboratoriumsversuche auf das Feld wurde von dem Agronomen der Tabakkooperation in Stanimaka (Süd-Bulgarien), Schiwaroff, unter Beihilfe des Direktors des landwirt-

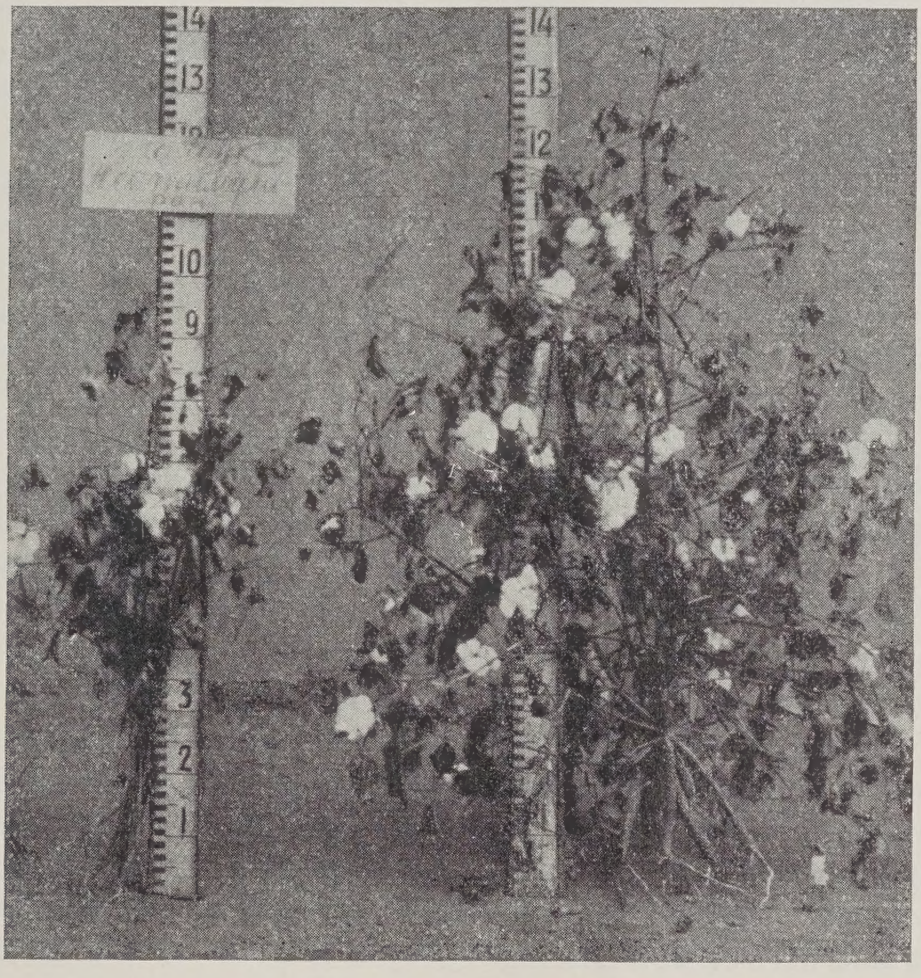


Abb. 30. Links — Kontrolle, rechts — stimuliert.

schaftlichen Instituts zu Sofia, Pouschkaroff, übernommen. Die Resultate dieser Feldversuche lasse ich ebenfalls nach der eigenen Beschreibung Schiwaroffs folgen. „Zur Durchführung dieser Versuche, die für den Tabakbau von großer Wichtigkeit zu werden versprechen, hat uns Prof. Popoff liebenswürdigerweise die Resultate seiner Laboratoriumsversuche mit Tabak zur Verfügung gestellt und auch die Zusammensetzung von drei in diesen Vorversuchen ausgeprobten Stimulationslösungen angegeben. Diese Lösungen sind folgende: Lösung I $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰; Lösung II $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 5 ‰ + $MnSO_4$ 5 ‰ + Tannin 1 ‰; Lösung III KJ irrtümlicherweise 3 ‰ genommen statt 1 ‰.

„Die Versuche wurden am 29. März 1923 mit zwei Tabaksorten, „Sardali" und „Kabakulak" (Tschesto), angestellt. Die Tabaksamen wurden für jede Lösung in drei Partien geteilt, in der entsprechenden Lösung 2, 3 und 5 Stunden gehalten und nach der Herausnahme auf Saatbeeten angebaut. Gleichzeitig wurden auch nichtstimulierte Samen als Kontrolle angebaut."

„A. Wachstum der stimulierten Tabaksämlinge auf den Frühbeeten. Lösung I. 1. Die Samen, die zwei Stunden in dieser Lösung gestanden hatten, gaben Sämlinge, welche kaum besser als die Kontrolle waren. 2. Ganz anders die Samen, die drei Stunden stimuliert worden waren; sie entwickelten sich im Vergleich zu der Kontrolle viel besser, waren überall gleichmäßig aufgegangen und von gleicher Stärke. Außerdem waren die Samen schneller als die Kontrolle ausgekeimt und entwickelten sich so gut, daß sie die normalen Sämlinge, die zehn Tage früher gesetzt worden waren, nicht nur einholten, sondern überholten; und was besonders wichtig ist, die stimulierten Sämlinge wurden infolge ihres kräftigeren und üppigeren Wachstums viel später als die Kontrolle von kryptogamen Krankheiten befallen. 3. Die Samen, die fünf Stunden in der Lösung gestanden hatten, zeigten ein merklich schwächeres Wachstum als die Kontrollen." Die Lösung II zeigte eine ähnliche Wirkung wie Lösung I. Die Wirkung der Lösung III war etwas schwächer, weil sie irrtümlicherweise in einer zu starken Konzentration angewandt wurde.

„B. Wachstum der stimulierten Pflanzen auf den Kulturfeldern. Wir haben zu spät, erst am 29. Mai, auf dem Felde anbauen können. Trotzdem fingen die Pflanzen, nachdem sie sich erholt hatten, an, gut zu gedeihen, so daß sie bald nicht nur die gleichzeitig angesetzten Kontrollen, sondern auch die normalen Tabakkulturen, welche fast 2 Wochen früher, am 16. Mai, angebaut worden waren, überholten. Dieses günstige und üppige Wachstum zeigten die Pflanzen, welche aus Samen stammten, die drei Stunden in den Lösungen I und II stimuliert worden waren." „Die günstige Einwirkung der Stimulationslösungen I und II bei dreistündiger Behandlung dokumentierte sich bei den Feldpflanzen in folgender Weise:

1. Die stimulierten Pflanzen waren durchschnittlich 1,42 m hoch und hatten zwischen 28 bis 34 Blätter; die gleichzeitig angesetzten Kontrollpflanzen dagegen waren durchschnittlich nur 1,07 Meter hoch und die Zahl der Blätter schwankte bei diesen zwischen 18 und 24.

2. Die Pflanzen aus den stimulierten Parzellen waren gleichmäßig gewachsen, mit gut entwickelten, dunkelgrünen Blättern. Die Kontrollpflanzen dagegen zeigten ein ziemlich ungleichmäßiges

Wachstum; es wechselten gut entwickelte mit schwächer entwickelten Pflanzen.

3. Die stimulierten Pflanzen entwickelten sich und reiften bedeutend schneller als die Kontrollen, ja sie überholten, wie gesagt, die am 16. Mai angebaute, normale Tabakkultur." (Schiwaroff, Deutsche Landw. Presse 17. Mai 1924.)

Aus den hier angeführten Versuchen, die in verschiedenen klimatischen Gegenden von Nord- und Süd-Bulgarien angestellt worden waren, kann man die Schlußfolgerung ziehen, daß es möglich ist, durch chemische Einwirkungen die Lebenspotenz der Samen, d. h. von Embryonalzellen, die sich in herabgesetzter Oxydation, im Zustand von vita minima befinden —, so stark zu heben, daß sich aus ihnen größere und kräftigere Pflanzen entwickeln, mit einem entsprechend höheren Ertrag an Samen (Früchten) und Körpersubstanz. Diese Steigerung beläuft sich durchschnittlich auf 15, 20 bis 30 %. Somit haben wir in den Samenstimulationsmethoden ein Mittel an der Hand, welches in die physiologischen Prozesse der Pflanze günstig abändernd eingreift und den Ertrag der Kulturpflanzen bedeutend steigert. Es eröffnet sich hier ein weites Feld für experimentelle Untersuchungen, die eines Tages von Bedeutung für die landwirtschaftliche Praxis und in den Vordergrund des landwirtschaftlichen Interesses rücken werden.

Zur erfolgreichen Durchführung der Samenstimulationsuntersuchungen gehört vor allem Ausdauer. Man ersieht aus den hier wiedergegebenen Versuchen, wie außerordentlich wichtig es für jede Samenart ist, die geeignete Stimulationslösung und die geeignete Stundenzahl der Einwirkung derselben auf die betreffende Samenart festzustellen: von der Erreichung dieser zwei Optima hängt auch die Erreichung der optimalen Steigerung des Ernteertrages ab. Die Detaillierung nach dieser Richtung muß ziemlich weit gehen, denn es sind nicht nur Unterschiede in dem Verhalten der einzelnen Samenarten gegenüber der Stimulationseinwirkung vorhanden, sondern es bestehen auch Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten derselben Art, welche die günstige Einwirkungsdauer des betreffenden Stimulantes verschieben; dadurch sind auch die Variationen in der optimalen Behandlungsdauer zu erklären, die bei den Versuchen mit verschiedenen Hafer-, Weizen- und besonders Maisarten zu beobachten sind. Dieser Wechsel in der Behandlungsdauer steht mit der Durchlässigkeit des Samens und seiner Quellungsfähigkeit in engem Zusammenhang.

Eine weitere Eigentümlichkeit der angewandten Lösungen besteht darin, daß sie verschieden in ihrer Art wirken, einmal auf den gesamten Wuchs der Pflanze (Körpermasse) und im anderen Fall mehr auf die Samensteigerung. Diese Unterschiede sind mir beson-

ders bei Mais und noch mehr bei Buchweizen aufgefallen. Es gibt also Stimulationsmittel, welche die Pflanzen mehr ins Kraut schießen lassen, im Gegensatz zu Stimulationslösungen, die ein geringeres Wachstum der Pflanzen als Masse, aber eine reichlichere Fruchtbildung verursachen.

Diese Konstatierung ist von großer vererbungstheoretischer Bedeutung, denn sie zeigt uns, daß der äußere Habitus eines Organismus von der Eigenartigkeit minimalster chemischer Beeinflussungen abhängig und tiefgreifend veränderlich ist.

Hier wäre die Frage aufzuwerfen, ob nicht natürlicherweise im Boden vorhandene minimale chemische Bestandteile das Pflanzenwachstum und die Fruchtbarkeit entscheidend beeinflussen? Viele schon längst bekannte pflanzenphysiologische Beobachtungen sprechen für diese Annahme. In den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts wies R a u l i n an Schimmelarten nach, daß minimalste chemische Zusätze im Nährboden das Wachstum der Pilze beeinflußten und je nachdem eine Wachstumsförderung der vegetativen bzw. der germinativen Organe (Konidienbildung) auslöste. Dafür sprechen unter anderem auch die neueren Untersuchungen von D e n s c h und H u n n i u s[1]) (1924), die gefunden haben, daß bei Zusatz in den Boden von geringen Mengen von $CuSO_4$ eine Steigerung des Kornertrages mit gleichzeitiger Herabdrückung des Strohertrages erzielt wird usw.

Alle diese Beobachtungen zeigen, daß die weitere Erforschung und Spezifizierung der Wirkungsweise der Stimulationsmittel zu praktisch wichtigen Ergebnissen führen wird. Die spezifizierte Stimulationsbehandlung des Saatgutes wird mit der Zeit neben der Kunstdüngung ein unumgänglicher und wichtiger praktischer Eingriff zur Ertragssteigerung werden.

Hier ist es auch am Platz, auf die Art des Reagierens der Pflanzen auf die Stimulationsmittel hinzuweisen.

Eine Beobachtung, die sich bei allen Versuchen durchgehend bestätigt hatte, war die, daß die stimulierten Pflanzen von kräftigerem und gesunderem Allgemeinaussehen waren als die Kontrollpflanzen. An erster Stelle war das Wurzelsystem beeinflußt, es war größer und verzweigter. Die größeren und tiefer gehenden Wurzeln befähigten die stimulierten Pflanzen, Bodenschichten auszunützen, die nicht nur tiefer lagen, sondern auch ein größeres Areal umfaßten. Da durch Regengüsse ein großer Teil der Nährsalze in die tieferen Schichten durchsickert, so ist dies vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus für die Ernährung der Pflanzen von Bedeutung. Das größere Wurzelsystem bedingt aber auch die stärkere Entwicklung der oberirdischen Pflanzenteile. Vor allen Dingen, wie dies an dem Beispiel von

[1]) Densch und Hunnius: Versuche mit Kupfersulfat. Zeitschr. für Pflanzenbau, Heft 18, 1925.

Buchweizen näher erörtert wurde, haben die stimulierten Pflanzen mehr und bedeutend größere Blätter als die Kontrollen, was zu einer beträchtlichen Steigerung der assimilatorischen Oberfläche führt, einer Steigerung, die vielfach das Doppelte des normalen erreicht.

Die assimilatorische Fähigkeit der Pflanzen wird noch außerdem durch die stärkere Ausbildung des Chlorophylls gehoben, — denn eins der auffallendsten Merkmale der optimal stimulierten Pflanzen ist die t i e f e r g r ü n e Färbung derselben, durch welche die Versuchsfelder sich von den angrenzenden Feldern unterscheiden. Diese dunklere Färbung fiel besonders stark auf bei Mais, dann bei Hirse, Tabak, Baumwolle, Hafer, Weizen, Kartoffeln u. a.

Das stärker entwickelte Wurzelsystem, die Vergrößerung der Assimilationsblattoberfläche und die Anreicherung mit Chlorophyll zusammengenommen, erklären die bedeutende Ertragssteigerung der stimulierten Pflanzen. Das Material für diese Ertragssteigerung ist großenteils durch die vergrößerte Assimilationsfläche der stimulierten Pflanzen bedingt und zum anderen Teil wird es aus Bodenschichten gewonnen, welche für die nicht stimulierten Pflanzen außer dem Bereich der Ausnützungsmöglichkeit liegen. Dieses ist vom wirtschaftlichen Standpunkt aus besonders wichtig, denn die Ertragssteigerung wird in diesem Fall nicht durch eine entsprechende größere Inanspruchnahme des Bodens bedingt.

Eine andere auffallende Erscheinung, auf die ich schon hingewiesen habe, ist das verschiedenartige Verhalten der Pflanzen den Stimulationseinwirkungen gegenüber. Pflanzen, wie Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Reis usw., welche die Eigenschaft zur Bestockung haben, weisen im Anfang wohl Höhenunterschiede im Wachstum auf, später aber werden diese Unterschiede geringer, da die Wachstumsenergie sich in der reichlicheren Bestockung auswirkt. Diese reichlichere Bestockung ist auch mit die Hauptursache für die erzielte Ertragssteigerung; die Größenunterschiede in den Ähren selbst, wenn auch vorhanden, sind nicht genügend, um die Ertragssteigerung zu erklären. Auf eine andere Ursache der Ertragssteigerung, nämlich, daß die stimulierten Samen einen höheren Prozentsatz von Auskeimungen aufweisen, hat neuerdings (1924) G l e i s b e r g hingewiesen. Bei Pflanzenarten dagegen — Mais, Tabak, Baumwolle, Buchweizen, Auberginen u. a. —, welche nur einen Stengel ausbilden, findet die größere Wachstumsenergie ihren Ausdruck in dem Kräftigerwerden des Hauptstammes und in dem Höhenwachstum desselben (Mais, Tabak), was je nach der Pflanzenart (Baumwolle, Buchweizen, Aubergines) auch mit einer reichlichen Verzweigung einhergeht. Diese zweite Kategorie von Pflanzen ist es eben, welche den Effekt der Stimulation besonders deutlich und auffällig zutage treten läßt.

Hier wäre die Frage aufzuwerfen, worauf die Pflanzenvergrößerung bei Stimulationseinwirkung beruht: ist sie der Ausdruck von

einer Zellvergrößerung oder nur einer Zellvermehrung unter Beibehaltung der ursprünglichen Zellgröße, oder wirken für das Zustandekommen der größeren Pflanzenausmaße beide Momente mit?

Die mikroskopischen Untersuchungen, die ich (1921) nach dieser Richtung an stimulierten Pflanzen machte, sprechen für die Annahme, daß sowohl die Zellgröße (gemessen an den Begrenzungszellen der Atmungssporen von entwickelten Blättern), als auch die Zellenzahl durch die Stimulation eine Erhöhung erfährt. Diese Resultate stehen in Einklang mit den Resultaten, die ich bei Zählungen und Messungen an stimulierten Infusorien bekommen habe (1921). Diese Ausrechnungen haben unzweideutig erwiesen, daß die Teilungsrate der stimulierten Infusorien auf das Zwei- und Dreifache anwachsen kann und daß auch die Größe der stimulierten Infusorien eine bedeutende Zunahme erfährt.

Noch eine andere wichtige Beobachtung ist, daß die Pflanzensamen, welche vorwiegend ölhaltig sind, viel leichter und viel präziser auf Stimulationseinwirkungen reagieren als die mehr stärkehaltigen Samen. Deshalb sind auch die ölhaltigen Samen, wie die des Tabaks, der Baumwolle, der Sonnenblume, des Hanfs, der Tomaten, der Radieschen, des Spinats, des Senfs usw. für Samenstimulationsversuche besonders geeignet. Dieses Verhalten hängt wahrscheinlich mit der leichteren Oxydationsfähigkeit der Ölsubstanzen zusammen. Auf diesen interessanten Zusammenhang hat mich Prof. Nathanson während eines Gespräches über Stimulationsfragen aufmerksam gemacht. Die Besonderheit des Reagierens der ölhaltigen Samen tritt deutlich hervor bei den später zu besprechenden Versuchen, die sowohl ich (Buchweizen, Baumwolle Tabak usw.) als auch Gleisberg (an Salat, Radieschen, Tomaten u. a.) gemacht haben.

Parallel mit diesen Beobachtungen laufen die Feststellungen von Kotowski[1]) (1926) über die Temperaturbeeinflussung der Samenkeimung. Er hat für 17 verschiedene Samenarten den Koeffizienten der Geschwindigkeit der physiologischen Prozesse — Q_{10}, bei demselben Temperaturintervall festgestellt und gefunden, daß dieser Koeffizient verschieden groß für ölhaltige und stärkehaltige Samen ist: „I venture the opinion that the value of Q_{10} reflects the course of biochemical changes in relation to the composition of the seed. In support of my opinion I might say that beans (garden and lima) had low value ($Q_{10} = 2{,}2$) and they are proteinaceous seeds. Lettuce, radish, cucumber and melon are seeds rich in fats and they gave high values ($Q_{10} = 2{,}7 — 3{,}4$). Spinach, beet, cauliflower, onion, tomato and eggplant are starchy and fatty und have intermediate values ($Q_{10} = 2{,}3 — 2{,}5$)."

Diese Feststellungen machen es verständlich, daß die fetthaltigen Samen, welche bei der Keimung einen höheren Koeffizienten

[1]) Kotowski, F.: Temperature Relations to germination of Vegetable Seed. Proc. of the Amer. Soc. of Hort. Science, 1926.

der Geschwindigkeit der physiologischen Prozesse aufweisen, auch leichter auf Eingriffe zur Erhöhung ihrer Lebenstätigkeit, d. h. auf Stimulationseingriffe reagieren als Samen mit einem physiologisch niedrigen Geschwindigkeitskoeffizienten.

Die Samen der stimulierten Pflanzen sind gut entwickelt und bei Reis, Mais, Gerste auch etwas voller und von besserem Aussehen als die der Kontrollen; es ist eine Qualitätsverbesserung zu bemerken, die je nach dem Stimulationsgrad verschieden gut ausgeprägt ist.

Die Untersuchungen haben weiter ergeben, daß die von stimulierten Pflanzen abstammenden Samen normal keimungsfähig sind und darüber hinaus deuten die ersten diesbezüglichen Resultate mit Hirse und Buchweizen darauf hin, daß die Samen auch in der zweiten Generation kräftigeren Pflanzen den Ursprung geben. Diese Nachwirkung ist noch stark genug, um einen Unterschied zwischen den Pflanzen aus stimulierten Samen zweiter Generation und den Pflanzen aus Normalsamen deutlich in die Erscheinung treten zu lassen.

Die Konstatierung dieser Nachwirkung läßt der Hoffnung Raum, daß uns dadurch die Möglichkeit gegeben wird, Samenstimulationszuchtwahl zu treiben und dadurch zu neuen Sortenzüchtungen zu gelangen (1924).

Die völlige Erhaltung der Keimfähigkeit und die äußerlich bessere Ausbildung der stimulierten Pflanzen ließ es wünschenswert erscheinen, nachzuprüfen, ob eine Veränderung in der chemischen Zusammensetzung, in den Relationsverhältnissen des Eiweiß- und Kohlehydratengehaltes eingetreten war. Die Konstatierung solch einer Veränderung war nicht wahrscheinlich, da der Effekt der Stimulation in einer integralen und harmonischen Hebung aller Lebensäußerungen besteht.

Die chemischen Analysen bestätigen die Erwartungen, wie es folgende Tabellen für die Zusammensetzung der Samen normaler und stimulierter Pflanzen zeigen (Tabellen a—f).

a) Reis

Nr.	Versuch: Parzelle:	Lufttrockene Substanz						Absolut trockene Substanz				
		Feuchtigkeit	Asche	Protein	Äther-Extrakt	Stärke	Zellulose	Asche	Protein	Äther-Extrakt	Stärke	Zellulose
1.	Baltoff Kontrolle	12,68	5,469	9	2,138	52,881	9,936	6,263	—	2,448	60,55	11,650
2.	„ Stimul. IV, 48	12,14	5,433	—	2,354	57,908	11,010	6,186	—	2,743	63,553	12,828
3.	„ „ II, 24	11,93	5,503	7,088	2,134	54,896	11,06	6,248	7,982	2,403	61,82	12,56
4.	„ „ IV, 24	11,60	5,510	6,946	2,028	54,242	10,729	6,233	7,857	2,294	61,36	12,108
5.	„ „ VII, 48+14	11,65	5,796	7,431	2,166	53,207	10,165	6,560	8,411	2,486	60,22	11,507
6.	„ „ V, 24	11,976	5,360	—	2,182	54,084	10,555	6,430	—	2,479	61,408	11,995
7.	„ „ IX, 24	11,86	5,410	—	2,296	57,285	10,856	6,138	—	2,617	64,934	12,320
8.	Lukow Kontrolle	11,65	5,64	8,427	2,164	55,767	10,270	6,384	9,538	2,449	63,120	11,968
9.	„ I, 72	12,26	5,686	—	2,200	55,005	10,27	6,480	—	2,507	62,690	11,440
10.	„ II, 72	12,20	5,743	7,832	2,148	53,658	10,000	6,541	8,921	2,446	61,01	11,600

b) Weizen

Nr.	Versuch:	Parzelle:	Lufttrockene Substanz: Feuchtigkeit	Asche	Protein	Äther-Extrakt	Zellulose	Stickstofffreie Extraktionsstoffe	Absolut trockene Substanz: Asche	Protein	Äther-Extrakt	Stickstofffreie Extraktionsstoffe	Zellulose
1.	Maneff-St. Zagora	Kontrolle	12,54	1,84	13,567	1,627	2,647	67,779	2,104	15,512	1,859	77,509	3,026
2.	„	Stimuliert	12,23	1,79	14,654	1,512	2,963	66,851	2,039	16,695	1,722	77,169	3,375
3.	Aïtos	Kontrolle	11,89	1,715	17,474	1,85	2,690	64,381	1,946	19,832	2,1	73,139	2,983
4.	„	Stimuliert	11,95	1,723	16,398	1,908	2,597	65,424	1,957	18,623	2,117	74,354	2,949

c) Roggen

Nr.	Versuch:	Parzelle:	Lufttrockene Substanz: Feuchtigkeit	Asche	Protein	Äther-Extrakt	Zellulose	Stickstofffreie Extraktionsstoffe	Absolut trockene Substanz: Asche	Protein	Äther-Extrakt	Zellulose	Stickstofffreie Extraktionsstoffe
1.	Aïtos,	Stimuliert	11,85	1,91	14,537	1,588	2,710	67,405	2,167	16,492	1,801	3,075	76,465
2.	„	Kontrolle	11,71	1,71	15,111	1,534	2,533	67,402	1,937	17,115	1,737	2,869	76,342

d) Gerste

	Landw. Schule												
1.	T.Pazardjik	1 stimul.	11,04	2,306	8,578	1,724	5,883	70,451	2,592	9,643	1,958	6,613	79,194
2.	„	2 „	11,03	2,236	9,846	1,744	5,323	69,821	2,536	11,066	1,96	5,983	78,455
3.	„	3 Kontr.	11,044	2,316	9,911	1,658	5,378	69,693	2,604	11,141	1,864	6,045	78,346
4.	„	4 stimul.	11,18	2,263	8,923	1,792	5,303	70,539	2,548	10,045	2,018	5,971	79,418
5.	„	5 „	12,45	2,480	10,619	1,702	5,407	67,342	2,833	12,129	1,944	6,176	78,918

e) Mais

1.	Aïtos	Kontrolle	14,32	1,158	9,598	3,794	2,903	68,207	1,351	11,463	4,428	3,390	79.368
2.	„ 4	stimuliert	13,85	1,192	16,66	3,726	2,358	68,214	1,382	12,374	4,325	2,373	79,546
3.	„ 8	„	13,97	1,295	10,714	3,656	2,543	67,822	1,505	12,454	4,250	2,956	78,835
4.	„ 12	„	13,38	1,125	9,663	3,528	2,496	69,808	1,299	11,153	4,073	2,881	80,594

f) Wicke

1.	Kneja Nr.	1 Kontr.	13,15	2,36	24,914	0,696	5,716	53,164	2,717	28,693	0,801	6,582	61,207
2.	„ „	2 stimul.	13,24	2,393	25,357	0,670	5,383	52,957	2,758	29,294	0,772	6,219	60,955
3.	„ „	3 „	13,14	2,45	25,401	0,642	5,322	53,045	2,821	29,243	0,739	6,138	61,059
4.	„ „	4 „	13,17	2,306	24,465	0,612	5,407	54,046	2,656	28,175	0,706	6,227	62,236
5.	„ „	5 „	12,95	2,413	25,455	0,786	5,310	53,086	2,772	29,242	0,903	6,100	60,983
6.	„ „	6 „	12,004	2,48	25,97	0,72	5,217	53,609	2,856	29,511	0,818	5,929	60,886
7.	„ „	7 „	13,17	2,36	24,777	0,732	5,616	53,345	2,705	28,535	0,843	6,468	61,449
8.	„ „	8 „	12,77	2,400	24,897	0,688	5,516	53,729	2,753	28,542	0,789	6,323	61,593
9.	„ „	9 „	12,84	2,436	25,444	0,700	5,398	53,182	2,798	29,193	0,803	6,193	61,013
10.	„ „	10 Kontr.	12,91	2,436	26,09	0,646	5,270	52,648	2,849	29,992	0,743	6,128	60,288
11.	„ „	11 stimul.	14,51	2,506	25,792	0,704	5,207	51,281	2,886	30,172	0,824	6,098	60,020
12.	„ „	12 „	13,17	2,426	26,248	0,716	5,053	52,387	2,804	30,23	0,825	5,819	60,322
13.	„ „	13 „	13,48	2,450	—	0.670	5,017	—	2,818	—	0,744	5,799	—
14.	„ „	14 „	13,05	2,520	—	0,614	5,260	—	2,894	—	0,706	6,049	—
15.	„ „	15 „	12,93	2,47	25,39	0,684	4,837	53,689	2,807	29,362	0,786	5,555	61,490
16.	„ „	16 „	12,87	2,476	25,915	0,660	4,946	53,133	2,842	29,743	0,757	5,647	61,011
17.	„ „	17 „	12,17	2,680	25,871	0,742	4,895	53,712	3,051	29,456	0,845	5,574	61,674
18.	„ „	18 „	12,61	2,67	—	0,724	5,003	—	3,055	—	0,826	5,725	—

Eine für die Praxis wichtige Frage ist auch die Zeit des Anbaues des stimulierten Saatgutes. Bei meinen ersten Versuchen war ich bestrebt, die Samen entweder gleich nach der Stimulation oder nach einem oberflächlichen Trocknen von 6—12 Stunden auszusäen. Ich habe aber gleich zu Anfang auch Versuche angestellt, um zu sehen, ob ein längeres Liegenbleiben der stimulierten Samen ungünstig auf die Auswirkung der Stimulation sein würde. Auch äußere Umstände, Unwetter u. dgl. haben mich manchmal gezwungen, mit dem Anbau der stimulierten Samen bis zu 5 Tagen zu warten. In allen diesen Fällen ging der Effekt der Stimulation nicht verloren. Dieses Verhalten ist für die Durchführung von Samenstimulationsversuchen auf dem Felde von Bedeutung.

Eine klare und präzise Antwort auf die Frage der Dauer der Stimulationswirkung haben aber erst die Untersuchungen Gleisbergs[1]) gegeben. Er hat im Jahre 1923, nach vororientierenden Keimungsversuchen mit einer der hier oft erwähnten Stimulationslösungen: $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰ folgenden Feldversuch mit Futterrüben (Eckendorfer Rote) angestellt:

			Ernte von je 3 Reihen Futterrüben		
			Krautgewicht	Rübengewicht	Stück
1.	Unbehandelt	25. IV. 23	330 Pfd.	2186 Pfd.	2330 Pfd.
2.	Wasser 3 Stunden		375 „	2319 „	2343 „
3.	Stim. 3 Stunden		395 „	2420 „	2299 „
4.	Stim. 3 Stunden		345 „	2007 „	2331 „

Er konnte feststellen: eine nicht unbedeutende Steigerung des Ernteertrages nach 3 Stunden Behandlung mit der Stimulationslösung, eine Steigerung des Ertrages auch nach 3 Stunden Vorquellen

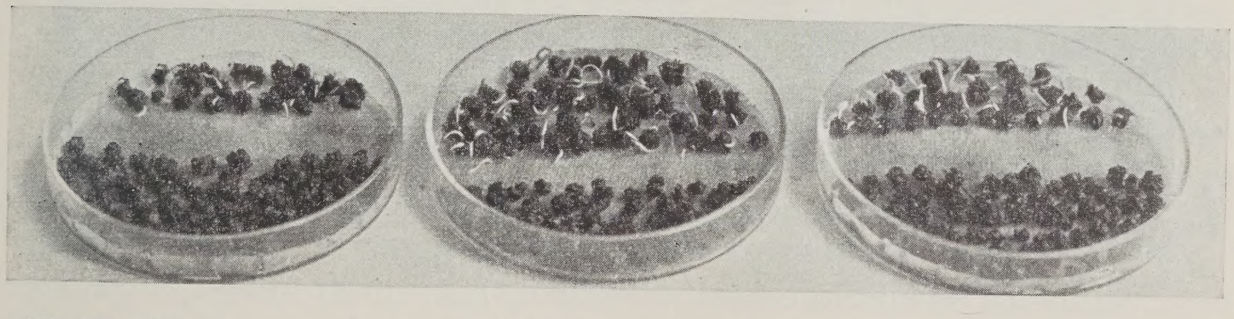


Abb. 31. Nachwirkungsversuch, stand am 25. 3., 4 Uhr nachmittags: Links — unbehandelt: 23 Knäuel, 36 Samen gekeimt. In der Mitte: Stimulationsbehandlung: 40 Knäuel, 75 Samen gekeimt. Rechts: 3stündige Wasserquellung: 30 Knäuel, 48 Samen gekeimt.

in Leitungswasser (das Wasser hatte ziemlich hohen Mineralgehalt) und einen Abfall des Ertrages nach der Überstimulation (4 Stunden).

[1]) Gleisberg, W.: Stimulationswirkung bei Samen. Zellstforsch. Bd. I, Heft 1, 1924.

Gleisberg, W.: Über Beizen und Stimulieren. Deutsche Obst- und Gemüsebauzeitung, Nr. 12, 1925.

Die von diesem Versuch zurückbehaltenen Samen hat Gleisberg ein Jahr später, am 21. III. 1924, zur Auskeimung gebracht (Abb. 31) und folgende Resultate nach Abschluß des Versuches, am 27. III. 1924, erhalten:

	Gekeimte	
	Knäuel	Samen
3 Std. Stimulationsbehandlung	65	101
4 „ „	48	81
3 „ Wasserbehandlung	43	68
Nicht behandelt	41	59

Demnach zeigten die Keimungsversuche noch ein Jahr nach vollzogener Stimulierung gut ausgeprägte Unterschiede im Keimungsverlauf, die parallel mit den bei den Feldversuchen erhaltenen Unterschieden zwischen den Erträgen von stimulierten und nichtstimulierten Samen liefen.

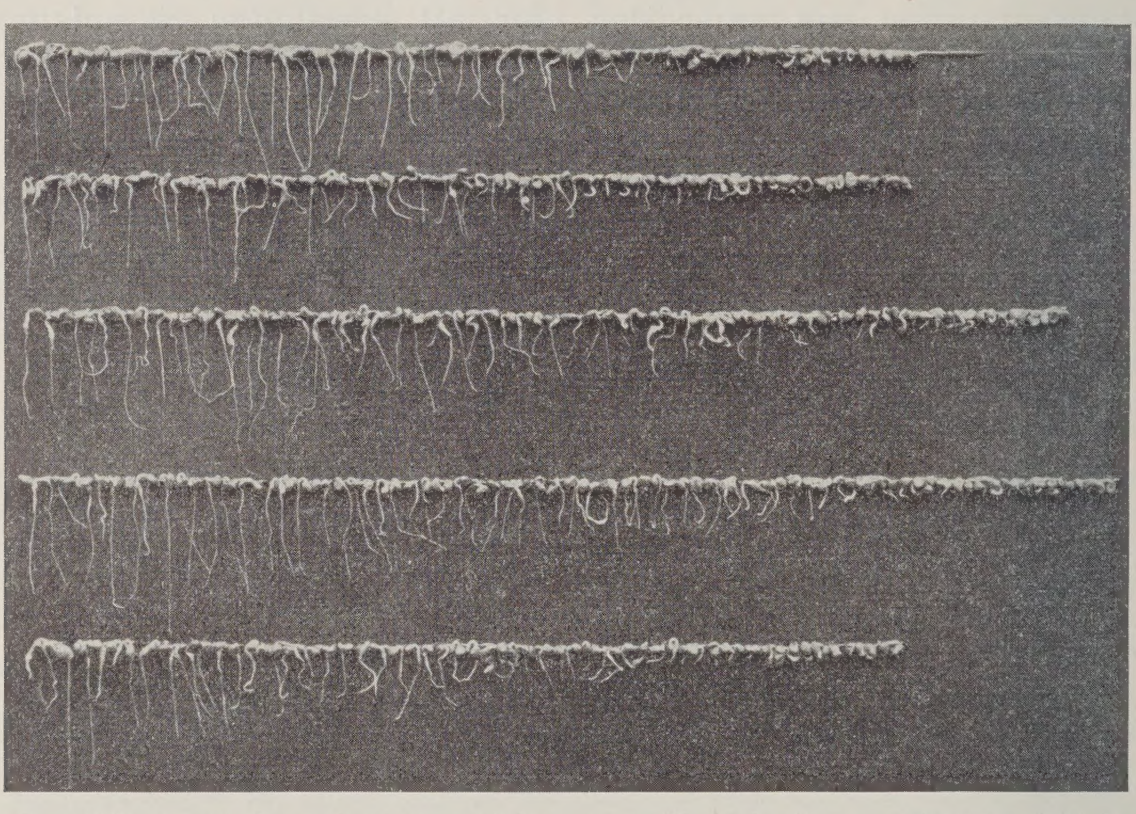


Abb. 32. Keimungsverlauf normaler und verschieden lange in Tauchbehandlung vorbehandelter (1, 2, 3 und 4 Stunden) und nach völligem Abtrocknen 8 Monate trocken aufbewahrter Radiessamen. (Gleicher Größenstufe.) Von 2 bis 3 Stunden förderliche Wirkung, bei 4 Stunden hemmende Wirkung der Vorbehandlung.

Ähnliche Resultate erhielt Gleisberg auch nach einem eingehenden Gerstekeimungsversuch mit stimuliertem Samen. Die Keimzahlen, die sofort nach der Stimulierung und 10 Tage später festgestellt wurden, liefen parallel.

Ein anschauliches Bild für die langdauernde Wirkung einer Stimulationsbehandlung gibt auch die hier beigefügte photographische Aufnahme von einem Keimversuch, den Gleisberg acht Monate nach erfolgter Stimulation an Radiessamen machte. Überall ist die keimungsfördernde Wirkung der Stimulationsbehandlung deutlich zu sehen. (Abb. 32.)

Sehr eindeutige Resultate nach dieser Richtung bringen auch die Stimulationsversuche Wallwitz'[1]) an Spinat (Stimulationslösungen KBr 1 ‰ bzw. 5 ‰). Die dazu verwendeten Samen wurden im Dezember 1924 stimuliert und im April 1925, d. h. 5 Monate später, ausgesät. Die erhaltenen Stimulationseffekte auf dem Felde waren sehr gut ausgeprägt. Nähere Angaben über diese interessanten Versuche gebe ich auf S. 320—323.

Aus diesen Versuchen ergibt sich die praktisch wichtige Schlußfolgerung, daß man mit dem Anbau des stimulierten und sorgfältig getrockneten Saatgutes, je nach Umständen, — tage- und wochenlang warten kann. Die durch die Imbibition in den Samen aufgespeicherten Stimulationsmittel entfalten ihre Wirkung bei dem neuen Ansetzen der durch die Austrocknung unterbrochenen Keimungsprozesse.

Praktisch wichtig ist außerdem, die Temperatur festzustellen, bei welcher die Austrocknung des stimulierten Saatgutes am günstigsten vorgenommen wird, denn Laboratoriumsversuche haben gezeigt, daß die Art und Weise der Austrocknung des stimulierten Samens — ob bei 20° C oder bei 40—55° C — nicht ohne Bedeutung ist. Es gibt eine optimale Temperatur der Austrocknung, bei welcher die Lebenspotenzen der Samen am günstigsten beeinflußt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen liegt sie zwischen 40—45 ° C. Eine günstige und empfehlenswerte Austrocknungsweise ist auch, die Samen der starken Sonne auszusetzen.

Wie verhalten sich die stimulierten Pflanzen kryptogamen Krankheiten gegenüber?

Die bisherigen Beobachtungen sprechen dafür, daß die Stimulationsbehandlung die Kryptogamenkrankheiten nicht ausschaltet. Nur bei manchen Stimulationsmitteln, deren Wirkung über 12 Stunden dauert, scheint es zu einer teilweisen Schädigung der kryptogamen Sporen zu kommen.

Deshalb bleibt auch bei der Anwendung der Stimulation eine fungizide Behandlung der Samen unentbehrlich; und die Frage bleibt noch zu beantworten, ob die Stimulations- und Fungizidewirkung in einer Behandlungsphase zu vereinigen wäre. Die Versuche, die nach dieser Richtung unternommen wurden, scheinen diese Möglichkeit zu bejahen. Ich habe schon verschiedentlich hervorgehoben, daß viele der jetzt im Handel befindlichen Beizmittel, wie Uspulun, Tillantin, Segetan usw., fungizide Mittel sind, welche aus Hg-, As-, $CuSO_4$,- Formol- usw. Verbindungen bestehen, d. h. Verbindungen, die, wie hier angeführt, an und für sich, in richtigen Dosen angewandt, Stimulationseigenschaften besitzen. Mit dieser Stimulationsbeeinflussung ist zum Teil auch die günstige Wirkung

[1]) Wallwitz: Stimulationsversuche an Spinat. Zellstforsch., Bd. II, 1926.

dieser Beizmittel auf das Wachstum der damit behandelten Samen zu erklären. Deshalb glaube ich, daß es möglich sein wird, Beizpräparate herzustellen, bei welchen man durch geeignete Beimischungen von energisch wirkenden Stimulationsmitteln zu einer günstigeren Hervorkehrung des Stimulationsmomentes kommt, als dies bis jetzt der Fall ist. Erfolgversprechende Untersuchungen nach dieser Richtung sind ebenfalls im Gange.

Bei allen hier besprochenen Versuchen habe ich als Kontrolle die Erträge der nach der üblichen Praxis trocken angebauten Samen genommen. Nur hier und da habe ich auch Wasserkontrollen angebaut, und zwar bei allen Versuchen mit Reis, Baumwolle, Bohnen und Kichererbse.

Wasserkontrollen, d. h. Kontrollen, die aus Samen stammen, welche soviel Stunden in Leitungswasser gehalten worden waren, als die anderen Samen in den Stimulationslösungen, habe ich sowohl bei allen meinen Laboratoriumsversuchen als auch bei den Gartenversuchen (1921) und den Feldversuchen (1922) angewandt. Die Resultate, die ich von den Wasserkontrollen erzielt habe, waren verschieden, je nach der chemischen Zusammensetzung des Wassers. Arbeitete man z. B. mit Sofioter Leitungswasser, welches wenig mineralische Bestandteile enthält, so bekam man durchwegs Pflanzen, die zwar anfangs in der Entwicklung einen Vorsprung vor den Trockenkontrollen hatten, mit der Zeit aber ihr Wachstum mit den Kontrollen ausglichen, sogar in manchen Fällen, bei längerer Einwirkung des Wassers, hinter diesen zurückblieben.

Anders fallen die Versuche aus, wenn das angewandte Wasser in genügender Menge mineralische Bestandteile enthält. In diesem Falle wirkt das Wasser stimulierend. Dieses trat bei den Feldversuchen im Sommer 1922 besonders deutlich ein. Für die Wasserkontrollen habe ich damals das Mg-, Mn- und Na-haltige Wasser aus dem Mineralbad Gornja Banja (bei Sofia) benutzt. In diesem Falle waren die Wasserkontrollen bedeutend besser als die Trockenkontrollen (Versuche mit Mais und Hirse). Das mineralhaltige Wasser wirkt also stimulierend und diese Wirkung des Wassers wird, je nach der Zusammensetzung desselben und folglich, je nach den Gegenden, wo die Versuche ausgeführt werden, verschieden günstig ausfallen.

Auf die stimulierende Wirkung des mineralhaltigen Wassers hat auch G l e i s b e r g verschiedentlich in seinen Keimungs- und Feldstimulationsversuchen, an Hand von zuverlässigen Zahlen, hingewiesen, so zum erstenmal im Jahre 1923 bei dem schon besprochenen Versuch mit Futterrüben. Die dort gewonnenen Zahlen, um sie nochmals ins Gedächtnis zurückzurufen, waren: unbehandelt — 2186 Pfd., Wasser 3 Stunden — 2319 Pfd., 3 Stunden Stimulierung

($MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰) — 2420. Dieselbe Mittelstellung zwischen der unbehandelten Kontrolle und den optimal stimulierten Samen (3 Stunden) hält die Wasserkontrolle auch bei den diesbezüglichen oben erwähnten Keimungsversuchen, und zwar sowohl bei den Vorversuchen als auch bei denjenigen, die nach einem Jahr mit denselben Samen angesetzt wurden. „Der Erfolg des Vorquellens in Wasser findet eine besondere Beleuchtung bei Beachtung der Wasseranalyse. Es ergab z. B. eine Analyse des Proskauer Leitungswassers: 154,6 mg im Liter mineralische Bestandteile, Schwefelsäure 58,1 mg, Kal. 54,0 mg und Magnesia 13,2 mg im Liter. Das Leitungswasser an sich übt also — durch welche Bestandteile läßt sich nicht ohne weiteres sagen — einen stimulierenden Einfluß auf die behandelten Samen aus."

Sehr lehrreiche Untersuchungen über die Wirkung kleinster Mengen mineralischer Bestandteile im Wasser hat auch Konsuloff[1]) (1928) an Reissamen ausgeführt und gezeigt, wie empfindlich die Samen gegen die oligodynamische Wirkung des Wassers sind und wie leicht sie darauf mit einer Stimulationsreaktion antworten.

Es ist also nicht ohne Bedeutung, mit welchem Wasser der Samen vor dem Anbauen gequollen wird. Quellen wir den Samen in reinem Wasser, so wird er zwar früher auskeimen als der trocken in den Boden gelegte Samen, wird aber später im Wachstum nachlassen, da er bei Beginn der Entwicklung nicht die stimulationswirkende Anregung der im Bodenwasser befindlichen Salzlösungen in vollem Maße empfangen konnte, wie ein Samen, der trocken in den Boden gelegt wird und sich dann allmählich mit den Salzlösungen des Bodens imbibiert. Für die spätere Entwicklung aber ist es nicht belanglos, welchen Entwicklungsanstoß die Embryonalzelle von Anfang an erhält, denn die Stärke dieses Anstoßes ist maßgebend für die ganze weitere individuelle Entwicklung, genau so wie für die Stimulationsentwicklung der reifen Eizelle, die Art des empfangenen Anstoßes maßgebend für die Entwicklungsintensität des Embryos ist.

Und weil normalerweise jeder Samen, der trocken in den Boden gelegt wird, der stimulierenden Einwirkung der im Bodenwasser enthaltenen Stimulationssalze ausgesetzt ist, so wird seine weitere Entwicklung in hohem Maße davon abhängen, in welchen Quantitäten der Boden Stimulationssalze enthält und in welcher Lösung sich dieselben vor der Auskeimung der Samen befinden. Dieses steht aber in Zusammenhang mit den Regengüssen vor oder unmittelbar nach dem Anbauen — denn je nach der Stärke der Regengüsse wird die Bodensalzlösung verschieden stark sein und verschieden lang auf den keimenden Samen einwirken können, und folglich wird danach

[1]) Konsuloff, S., Stimulationsuntersuchungen an Reissamen. Zellstforsch. Bd. III, Heft 2, 1928.

auch der Ernteertrag verschieden günstig ausfallen. Es sind hier noch viele Fragen, die ein eingehendes Studium von neuen Gesichtspunkten aus erfordern.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch einige Reflexionen aus meiner Arbeit „Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages" (Mai 1923) anführen: „Es ist nämlich die Frage aufzuwerfen, ob die große Fruchtbarkeit des Niltals allein auf der bei den Überschwemmungen des Nils eingeschleppten Humuserde und den Schlamm zurückzuführen ist, oder aber, ob nicht diese außerordentliche Fruchtbarkeit zu einem Teil auch mit den vielen Magnesiumsalzen, welche die Wasser des Nils nach der Überschwemmung im Schlamm zurücklassen, zusammenhängt. Es wird angegeben, daß der Nilschlamm von einer weißen Kruste von Mg-Salzen (vorwiegend $MgSO_4$) bedeckt ist. Man müßte bei dieser Sachlage annehmen, daß die im Nilschlamm in Lösung sich befindenden Magnesiumsalze auf die dort gesäten Samen als richtige Zellstimulantien, nach Art der künstlich angewandten Stimulantien wie bei unseren Versuchen wirken.

Und dann, beruht vielleicht die üppige Flora des Meeres — man bedenke allein die kolossalen meterlangen und mehrere Zentimeter breiten Algen und vergleiche sie mit den schmächtigen, haardünnen Fadenalgen der süßen Gewässer — nicht auf den Gehalt der Meere an $MgCl_2$ und $MgSO_4$ und dann auch an Na- und K-Salzen und Jodverbindungen, welche stimulierend auf die sich entwickelnden Pflanzen einwirken? Denn die bestehenden Unterschiede sind so groß, daß sie zu einer Erklärung geradezu herausfordern. In der Tat macht die Süßwasserflora im Vergleich zu der Pflanzenwelt der Meere den Eindruck einer schwächlichen Vegetation, einer Vegetation, die in einem nährstoffarmen Medium wächst.

Man bedenke ferner das viel üppigere und reichere Leben der Meere und der Kontinente in den früheren geologischen Perioden, was darauf hindeutet, daß sich die Nährkraft der Erde mit jeder späteren geologischen Periode vermindert hat. Diese Verminderung ist die Folge der andauernden Verarmung der Gewässer an Mg-, Mn-, J-Salzen, wie auch an Na-, K- und P-Verbindungen u. a. unter der fortschreitenden Sedimentierung dieser früher in Lösung sich befindenden chemischen Bestandteile. Hand in Hand mit dieser Verarmung des Nährsubstrats geht auch die fortschreitende Abnahme an Größe und Üppigkeit des Lebens auf Erden. Die Erde verliert durch die Sedimentationsprozesse an Nährkraft und verarmt an Leben.

Und so müssen wir die fehlenden Bestandteile für das Leben wieder aus der Erde heben und der lebenden Substanz zuführen; wir müssen auch die Lebensfunktionen der Zellen künstlich heben, damit sie dann dieses ihnen zugeführte Material besser, vollständiger

und energischer ausnützen können. Daß dies möglich ist, haben meine im vorstehenden mitgeteilten Experimente gezeigt.

Durchweg schwächere Pflanzen als die Trockenkontrolle erhält man, wenn die stimulierten Samen nachträglich einige Stunden in Wasser gesetzt (4—12 Stunden) und dann angebaut werden. Nach dieser Richtung habe ich viele Feldversuche mit Kichererbsen und mit Bohnen durchgeführt, aus denen zu ersehen war, daß das Wässern der Samen nach vorangegangener Stimulation mit chemischen Lösungen ungünstig auf die spätere Entwicklung wirkt, und zwar deshalb, weil durch Diosmose alle während der Stimulation in den Samen eingedrungenen Salze durch das Wasser wieder ausgezogen und die Samen mit mineralarmem Wasser imbibiert werden.

Ähnliche Verhältnisse, wie bei den vorhergehenden Versuchen, wurden manchmal bei Anpflanzungen auf dem Felde unwillkürlich verwirklicht, und zwar bei Versuchen, die im strömenden Regen angebaut wurden. Alle diese Versuche ergaben bei der Ernte nur geringe Unterschiede von der Kontrolle. Es ist deshalb eine praktisch wichtige Vorschrift, die stimulierten Samen nur bei mäßiger Feuchtigkeit des Bodens anzubauen.

In scheinbarem Widerspruch zu diesen Ergebnissen stehen die Reisversuche. Der Unterschied liegt aber darin, daß infolge der langen Dauer der Reisstimulierung, 48—72 Stunden, die Reiskörner erst dann ins Wasser kommen, nachdem der Keimprozeß schon begonnen und der Keimling die Samenhülle schon durchbrochen hat.

Wenn man die Mannigfaltigkeit der Samenstimulationssubstanzen in Betracht zieht und die günstige Wirkung einer optimal eingestellten Stimulation auf die Keimung und spätere Entwicklung des Samens berücksichtigt, so drängt sich die Frage auf, ob nicht im Pflanzenreich die Natur sich das Prinzip der Stimulation, der Keimungs- und Wachstumsförderung des Samens zunutze gemacht hat. Es ist in der Tat auffallend, daß viele der in Samen und Früchten enthaltenen Substanzen, wie Tannin, Apfelsäure, Oxalsäure, verschiedene Alkaloide, Vitamine und mineralische Bestandteile usw., gerade solche sind, die zu der Gruppe der hier aufgezählten Stimulationsagentien gehören.

Wir müssen deshalb annehmen, daß diese Substanzen normalerweise bei der Keimung des Samens eine, je nach den Umständen, verschieden gut ausgeprägte Stimulationswirkung ausüben.

Es wäre eine lohnende Aufgabe, die physiologische Bedeutung der in den Samenschalen und in den Fruchtweichteilen enthaltenen chemischen Verbindungen auch von diesem Standpunkt aus zu betrachten und experimentell nachzuprüfen. Sicherlich würden wir dabei Einrichtungen vorfinden, welche eine keimungs- und wachstumsfördernde Aufgabe zu erfüllen haben.

Im Gegensatz zu dieser Behauptung scheinen die Beobachtungen von Wiesner[1]), Molisch[2]), Magnus[3]), Oppenheimer[4]) u. a. zu stehen, welche, um den Keimverzug in den Früchten und Samenschalen zu erklären, sogar von der Anwesenheit von keimungshemmenden Substanzen berichten. Die Anwesenheit von solchen Substanzen hat Oppenheimer mit einiger Wahrscheinlichkeit bei den Solanaceen festgestellt; bei den anderen Fruchtarten hat er aber Resultate bekommen, die man auch anders deuten könnte. Nach Durchsehen seiner Ergebnisse kommt Oppenheimer selbst zu dem logischen Schluß, daß es doch „sehr unwahrscheinlich ist, daß die Mutterpflanze die eigenen Fortpflanzungskörper durch eigentliche Selbstgifte schädigt", deshalb neigt er zu der Auffassung, daß die Keimungshemmung durch enzymatische Vorgänge bewirkt wird, welche eine Verzögerung der chemischen Reaktionen im Organismus bewirken.

Bei einigen seiner Versuche — wie z. B. bei den Keimungsversuchen mit freigelegten und in den Plazenten erhaltenen Samen von Nicotiana virginica — hat er sogar eine keimungsfördernde Wirkung beobachten können: „ein entsprechender Versuch, den ich mit frischgeerntetem Material von Nicotiana virginica (Bot. Garten, Pisa) durchführte, lieferte ganz andere Ergebnisse. Von einer wesentlichen Hemmungswirkung war hier nichts zu bemerken. Nur eins war deutlich: daß sich die jungen Pflänzchen gerade auf den Plazenten am üppigsten entwickelten. Vielleicht wirkte hier ein ähnlicher Stoff, wie bei Nicotiana rustica in sehr schwachen Konzentration stimulierend." Zu ähnlichen Ergebnissen kam man auch bei den Scrophulariaceen, Pawlownia imperialis und Verbascum. Nach anfänglicher Verzögerung der Keimung der Kapselsamen (um 9 bis 10 Tage!) und nach Auskeimung der ersten Kapselsamen „an diesem Tage übertrug ich die Versuchsschalen in den Wärmeschrank und war überrascht, daß nach zwei weiteren Tagen von dem bisher zutage getretenen Entwicklungsunterschied nichts mehr zu sehen war. Die jungen Pflänzchen schossen jetzt lebhaft aus den Verbascum-Kapseln und besonders aus den Plazenten der Pawlownia hervor und entwickelten sich dort sogar zu besonderer Üppigkeit."

Ich bin der Meinung, daß bei Änderung der Versuchsbedingungen und bei Anwendung von abgestuften Extrakten der Frucht- und Samenkapseln, auch die bis jetzt beobachteten hemmenden Wirkungen in stimulierende umschlagen werden. Denn in der Natur kommen diese Stoffe erst im Boden, in einer sehr verdünnten Lösung also, zur Wirkung. Außerdem werden sie wahrscheinlich umgeän-

[1]) Wiesner: Pflanzenphysiologische Mitteilungen.
[2]) Molisch: Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl., 1920.
[3]) Magnus: Keimungsstoffe und falsche Keimung. Ber. d. D. Bot. Ges., 1921.
[4]) Oppenheimer: Das Unterbleiben der Keimung in den Behältern der Mutterpflanze. Sitzber. d. Akad. Wiss. Wien, 1922.

dert durch die Wirkung der Bodenbakterien, Bodensalze und verschiedener Pilzarten, welch letztere ihrerseits auch zur Vervollständigung der auf die keimenden Samen stimulierend wirkenden Stoffe beitragen können. Es ist logisch, anzunehmen, daß die Natur alles daran gesetzt hat, um den für die Erhaltung der Art bestimmten Fortpflanzungskörpern, alle für die Keimung notwendigen günstigen Bedingungen und Einrichtungen mit auf den Weg zu geben, und daß die mineralischen und organischen Bestandteile der Samenbehälter, welche, wie ich hervorgehoben habe, zum großen Teil ins Bereich der zellstimulierenden Substanzen fallen, eben diese stimulatorischen Funktionen, bei günstig zusammentreffenden Bedingungen, erfüllen.

Hierher gehören auch die interessanten Beobachtungen von August Bier[1]) (1924) über keimungsfördernde Pilzsekrete bei Keimung von Eicheln. Er hat gefunden, daß angeschimmelte Eicheln, wenn sie rechtzeitig vom Schimmel befreit werden, üppiger wachsen als die nicht angeschimmelten Kontrollen, und zwar fand er eine stufenweise abnehmende Wachstumsförderung: das beste Wachstum zeigten die weniger angeschimmelten Eicheln, die stark angeschimmelten dagegen zeigten schon eine deutliche Wachstumshemmung. Dieses Verhalten erklärt Bier mit der verschiedenen Stärke des Pilzreizes. Wir stehen auch hier vor einer richtigen Stimulationserscheinung.

Im Jahre 1869 hat Raulin zum erstenmal durch eingehende, sich über 15 Jahre erstreckende Studien[2]) nachgewiesen, daß das Wachstum von Schimmelarten gehoben werden kann, wenn man den Ernährungssubstraten verschiedene chemische Mittel, chemische Salze zufügt, und zwar in äußerst geringer Menge. Raulin konnte auf diese Weise die Erträge an Trockensubstanz und Konidienbildung stark heben. Diese mustergültigen Untersuchungen Raulins, der einer der bedeutendsten Schüler Pasteurs war, wurden Ausgangspunkt einer Reihe von Untersuchungen, deren Zweck die Erforschung der Bedeutung der verschiedensten chemischen Substanzen auf Entwicklung und Wachstum der Pflanzen war. Man reihte die Wirkungsweise einiger der erprobten Substanzen (Zinksulfat, kieselsaures Alkali, Silbersalze und andere) in die Kategorie der Reizerscheinungen ein, da sich herausstellte, daß die angewandte Menge vielfach außerordentlich gering war, und folglich nicht als Nahrungsmittel dienen konnte, zumal da viele der Substanzen, welche eine

[1]) Bier, A.: Über Keimverzug und seine Bedeutung nach Versuchen an Samen der gelben Lupine. Angewandte Botanik, Bd. VII, 1925.
Derselbe: Immunität durch Befruchtung. Münch. Mediz. Wochenschrift, Nr. 16, 1924.

[2]) Popoff, M.: Zell- und Saatgutstimulation und die Reiz- und Düngungsverfahren. Biol. Zentralblatt, Bd. 44, Heft 8, 1924.

Steigerung des Wachstums herbeiführten, als Bestandteile im pflanzlichen Körper überhaupt nicht festgestellt werden konnten.

Eine zweite Etappe in der Entwicklung der Frage der wachstumsfördernden chemischen Substanzen von Raulin bilden die Arbeiten von Schulz, der eine Vertiefung und Ausarbeitung auf breiterer Grundlage brachte, indem er die Wirkungsweise einer großen Anzahl von chemischen Verbindungen als Zusätze zu den Nährböden genauer nachprüfte.

Von seinen Untersuchungen über das Vorkommen von Mangansalzen im pflanzlichen Körper und über die Bedeutung derselben bei der Oxydase-Wirkung ausgehend, hat dann Gabriel Bertrand speziell die Bedeutung des Mangans, dem Nährboden zugesetzt, nicht nur für verschiedene Pilzarten untersucht, sondern auch seine dabei gesammelten Erfahrungen für die Landwirtschaft zu verwenden gesucht, indem er eine Düngung des Bodens mit kleinen Mengen von Mangansalzen vorschlug. Auf Grund der damit erzielten günstigen Resultate hat er 1903 die Lehre von den komplementären Düngmitteln (engrais complémentaires) aufgestellt, die er 1905 mit „engrais catalytiques" bezeichnete.

In derselben Zeitperiode 1902 und 1903 hat Loew, unabhängig von Bertrand und ausgehend von den vorhererwähnten Untersuchungen, welche die Frage über die Bedeutung verschiedenster chemischer Substanzen — Mangansalze, Jodverbindungen und viele andere — klarlegten, ebenfalls versucht, die von Raulin, Schulz, Bertrand und anderen angegebenen chemischen Substanzen als Reizsubstanzen dem Nährboden zuzufügen und ihre Wirkung nochmals nachzuprüfen. Er machte seine Düngversuche wie Bertrand an höheren Pflanzen, darunter auch an verschiedenen Getreidearten, um auf diese Weise zu einer landwirtschaftlich nützlichen Ertragsteigerung zu gelangen. Z. B. nach vorheriger Düngung des Bodens mit Mangansalzen oder mit Kalijodit, Fluornatrium, Vanidin und anderen hat Loew 56 Tage alte Reispflänzchen angebaut und die weitere Entwicklung genau verfolgt und dabei eine Ernteteigerung wie mit den katalytischen Düngemitteln Bertrands (oder mit anderen Düngemitteln), welche, wie ich gezeigt habe, auch eine stimulierende Wirkung auf den Samen und auf das Pflanzenwachstum ausüben können, erzielt.

Außerdem stellte er Versuche an, in welchen er die schon aufgegangenen und ziemlich weit in der Entwicklung vorgeschrittenen Pflanzen mit Lösungen von den obengenannten chemischen Verbindungen in verschiedenen Zeitabständen begoß, so daß bis zum Abschluß der individuellen Entwicklung das Begießen 5- bis 6mal wiederholt wurde. Auch durch diese Maßnahme des Begießens der sich entwickelnden Pflanzen erzielte Loew eine Ertragssteigerung.

In seinem Aufsatz vom 30. April 1924 (Biologisches Zentralblatt), welcher denselben Titel trägt wie der meinige, ebenfalls

im Biologischen Zentralblatt 1923 erschienene Artikel „Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages", gibt Loew diejenigen Mengen von Mangan und anderen Salzen an, die notwendig sind, um eine Düngung durchzuführen, die günstig auf das Pflanzenwachstum einwirken soll. „Von den zahlreichen von uns versuchten Salzen kommen als Stimulantia von praktischer Bedeutung nur Mangansalze, Ferrosalze, Jodkalium und Fluornatrium in Betracht. Mangansulfat (technisches) kostet pro Kilo jetzt 2—2,1 Mark. Das ist gewiß nicht zu teuer, wenn es in Pflanzengärten in den oben bei unserem *Cryptomeria*-Versuch erwähnten Mengen zur Verwendung kommt. Die zweijährige Behandlung von 10 jungen Bäumen von ca. 20 cm Höhe nach unserem System würde sich auf etwa 2 Pfennige stellen. Ferrosulfat wirkte schwächer als Manganosulfat, aber einige Male beobachteten wir, daß ein Gemisch von Manganosulfat und Ferrosulfat besser wirkte als Manganosalze allein. Auf Böden, die von Natur reich an Mangan und Eisen sind, wird die Anwendung solcher Salze vielleicht keinen Nutzen bringen, Böden von neutralen Reaktionen werden diesen Sulfaten gegenüber sich günstiger verhalten als schwachsaure; — eine Bedeutung des Stimulierens hat Hiltner beim Bespritzen junger Lupinenpflanzen mit Ferrosulfat beobachtet.

Was Jodkalium betrifft, so würde die stimulierende Dosis von 500 Gramm pro Hektar 22—23 Mark kosten. Da Jodverbindungen von gewissen Böden absorbiert werden, so könnte bei jahrelangem Gebrauch von Jodkalium auf demselben Grundstück allmählich eine schädliche Konzentration erreicht werden, weshalb alle 3—4 Jahre einmal ausgesetzt werden sollte." Loew, Biologisches Zentralblatt, Heft 4, S. 102.

„Da der oben angedeutete Versuch mit *Cryptomeria* von speziellem Interesse ist, bisher aber nur im Bulletin des landwirtschaftlichen Instituts in Tokio veröffentlicht worden ist, so sei derselbe hiermit in aller Kürze mitgeteilt: Am 29. April 1902 wurden auf 6 Beeten von je 2 Quadratmeter Fläche, welche voneinander durch etwa 1 Meter Breite mit niedrigen Brettern abgegrenzte Flächen getrennt waren, je 9 Pflanzen von 17—20 cm Höhe, die aber später auf 8 vermindert wurden, gepflanzt. Beet Nr. 1 erhielt durch eine kleine Vertiefung rings um die Stämme vom 1. Mai bis 1. November 1902 allmonatlich 0,5 g Manganosulfat (bei der ersten Begießung die doppelte Menge) und vom 1. Mai 1903 an bis 1. November 1 g. Es erhielten also die 8 Manganpflanzen im ganzen 11 g, also jede einzelne rund 1,4 g im Verlauf von 14 Monaten. Zur Winterszeit unterblieb die Begießung. Beet Nr. 2 erhielt in der gleichen Weise ebensoviel Eisenvitriol und die anderen Beete ebenso Chlornatrium, Natriumnitrat resp. Kalziumnitrat." „Vier Monate nach begonnener Behandlung war noch kein deutlicher Unterschied im Höhenwachstum zu bemerken, aber von da an eilten die Manganpflanzen immer

mehr voraus." „Bei der Prüfung von Jodkali auf stimulierende Wirkung beobachteten wir, daß dieses schon im Verhältnis von 25 Gramm pro Hektar eine Steigerung des Ertrages brachte. Aus einem von Uchiyama unter meiner Leitung ausgeführten Versuche ergab sich ferner, daß auf dem verwendeten Lehmboden die Dosis von 25 Gramm pro Hektar bereits das mögliche Maximum der Stimulierung brachte und bei weiterer Steigerung der Dosis wieder der Ertrag zurückging." „Entsprechende Versuche wurden mit Fluornatrium ausgeführt und das Maximum der stimulierenden Dosis zu 5 Kilo pro Hektar beobachtet." (L o e w, ebenda S. 190/91.) Aus diesen Angaben L o e w s geht hervor, daß mit den von ihm angegebenen Lösungen die bebauten Parzellen während des Wachstums der Pflanzen bis zur Reife mehrere Male begossen werden müssen, um eine Ertragssteigerung zu erzielen, oder, daß die gedüngten Parzellen nachträglich nach dem von L o e w angegebenen Verfahren bei *Cryptomeria* und Reis mit den ziemlich weit entwickelten Pflanzen angebaut werden müssen, oder er wendet das praktisch leichter anwendbare Verfahren von B e r t r a n d an, den Boden mit dem katalytischen Düngemittel Mangan zu düngen und dann auf dem so vorbereiteten Boden anzubauen. Für diesen letzten Fall gibt L o e w wie B e r t r a n d die Mengen des anzuwendenden Düngstoffes an.

Soweit die Untersuchungen von L o e w.

Von ganz anderen hier genau dargelegten Gesichtspunkten ausgehend und die Arbeiten über die künstliche Parthenogenese zugrunde legend, habe ich gezeigt, daß viele chemische Verbindungen und strahlenenergetische Einwirkungen eine stimulierende Wirkung auf die Lebensprozesse der Zelle auszuüben imstande sind, und daß d i e s t i m u l i e r e n d e B e e i n f l u s s u n g d e r S a m e n e i n e l a n g d a u e r n d e i s t u n d b i s z u m A b s c h l u ß d e r L e b e n s p e r i o d e d e r P f l a n z e w ä h r t.

Die Berührungspunkte zwischen meinen Arbeiten und denjenigen von R a u l i n, S c h u l z, B e r t r a n d und L o e w beziehen sich mehr auf die Anwendung von einigen gleichen Substanzen, wie z. B. Jod, Mangan, Arsensalzen und anderen. Im Grunde genommen aber haben meine Arbeiten ihren Ursprung in ganz anderen Fragestellungen und deshalb sind sie grundverschieden in ihrer Anwendungsweise und führen auch zu verschiedenen deutlich hervortretenden Resultaten. Es sind in der Physiologie, wie ich dies hervorgehoben habe, Unterscheidungsmerkmale zwischen Reizerscheinungen vorhanden, die, wenn auf Zellen mit gehobenen Oxydationsvorgängen angewandt, dauernd oder in wiederholten Abständen einwirken müssen, um einen günstigen Endeffekt hervorzurufen, und zwischen Reizerscheinungen auf Zellen mit herabgesetzten Funktionen, auf Zellen in vita minima, bei denen eine e i n m a l i g e Einwirkung genügend ist, um Reaktionen hervorzurufen, die sich bis zum Ende der

individualen Entwicklung, ja sogar über dieselbe hinaus in der zweiten Generation fühlbar machen. Für die zweite, kurzdauernde und aus biologischen Gründen bis zur Abschließung der individualen Entwicklung nachhaltigen Reizung der Pflanzensamen habe ich den Begriff von Samenstimulierung, von Saatgutstimulierung eingeführt, um eine Trennung von den oben genannten Reizerscheinungen zu machen und die Saatgutstimulierung in ihren großen praktischen Auswirkungen hervorzuheben.

Wie nun aus dem Artikel von Loew, aus der Überschrift und dem Inhalt, zu entnehmen ist, werden diese beiden Eingriffe ins pflanzliche Leben beziehungsweise auf den Pflanzensamen miteinander verquickt und dadurch die Deutlichkeit der Fragestellungen beeinträchtigt. Es wird auf diese Weise der Anschein erweckt, als ob es sich bei meinen Saatgutstimulationen, weil bei ihnen u. a. auch Mangansalze zur Verwendung kommen, um dieselben Düngungsverfahren und Reizdüngungen handelte, wie bei Raulin, Schulz, Loew und Bertrand.

Ich will nicht bestreiten, daß durch Ausstreuen von gewissen chemischen Substanzen in den Boden oder durch Berieselung der Felder mit diesen, Ertragssteigerungen zu erzielen wären, die von landwirtschaftlicher Bedeutung werden könnten, wenn auch ihrer Durchführung im Großen nicht unbeträchtliche, praktische Schwierigkeiten entgegenstehen. Ich wollte mit diesen Ausführungen nur die Grenzen zwischen meinen Untersuchungen und denjenigen von Loew schärfer ziehen und die bestehenden Unterschiede in Forschung und Methoden hervorheben; denn sollten wirklich die Arbeiten von Loew, Bertrand und Anderen nicht allein Vorläufer gewesen sein, sondern auch schon die Lösung des Problems über die Zell- und Saatgutstimulierung in sich getragen haben, so bleibt es unerklärlich, warum seit 22 Jahren von 1902 bis 1924 Loew oder ein anderer nicht darauf gekommen ist, die Saatgutstimulierung, anstatt Reizdüngung und Berieselung, anzuwenden und ihre Bedeutung und Prinzipien klar hervorzuheben. Wie weit man aber nicht nur damals, sondern bis 1923 von dem Gedanken der Saatgutstimulierung entfernt war, beweisen die folgenden Zeilen von Stutzer: „Nach Feldversuchen, die ich gemeinsam mit meinem Mitarbeiter Haupt 3 Jahre lang in Thüringen ausführte, wurden die Felder dort nach Aufgang der Saat mit einer Lösung von Chlormagnesium berieselt und kam naturgemäß dieses Salz mit den Pflanzen nicht in so innige Berührung, als bei einer Saatgutbehandlung von Popoff. Setzt man den bei unseren Versuchen erzielten Ernteertrag nach Rieselung mit reinem Wasser gleich 100, so wurden bei Körnerfrüchten bei Rieselung mit chlormagnesiumhaltigem Wasser folgende Ernteerträge erzielt: Roggen 101,8, Hafer 105,0, Gerste 109,4, Weizen 113,3. Uns lag damals nur daran, die Frage zu beantworten, ob (bei hinreichender Ver-

dünnung) die Lösung von Chlormagnesium bei der Rieselung einen Schaden für die Vegetation bringt. Diese Frage mußte verneint werden, und es lag uns der Gedanke völlig fern, daß Chlormagnesium auf das Saatgut einen vorteilhaften Einfluß ausüben könne." (Stutzer, Deutsche landwirtsch. Presse, 8. Sept. 1923.)

Vom Standpunkt der Zellstimulationslehre aus habe ich im Jahre 1923 versucht, die Wirkung der katalytischen Düngemittel Bertrands als Samenstimulationserscheinungen aufzufassen. Wie ich im vorhergehenden ausgeführt habe, fallen in die Kategorie der katalytischen Dünger auch die Arbeiten von Loew sowie auch die Arbeiten von Gisevius und Stutzer. Diese beiden Forscher versuchten zu einer Steigerung der Ernte durch Düngung des Bodens (Gisevius) oder durch Berieselung desselben (Stutzer) mit Magnesiumsalzen, hauptsächlich $MgCl_2$, zu kommen.

Hierhin gehören auch die Reizdüngungsversuche mit Zinksalzen (Coupin, Korsinski, Voeleker u. a.) mit Pyridin, Nitrobenzol, Kresol, Arsenkalk usw. und besonders mit Schwefelkohlenstoff (Muth[1]), Korff und Ottensooser[2]), Mehling[3]), Maaßen und Behn[4]) u. a.). Auf die reizdüngende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs wurde man aufmerksam, als man anfing, denselben als Desinfektionsmittel gegen die Reblaus anzuwenden. Die behandelten Reben zeigten eine günstige Förderung des gesamten Wachstums. Besonders überzeugend nach dieser Richtung sind die Versuchsresultate von Muth (1927), welche die stimulierende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs, als katalytisches Düngemittel, nicht nur bei Reben, sondern auch bei einer Anzahl von Gemüsearten: Tomaten, Weißkraut, Senf, Erbsen, Buchweizen u. a. über jeden Zweifel erheben. Als Samenstimulans angewandt, bewirkte der Schwefelkohlenstoff eine bemerkenswerte Hebung der Samenkeimung und eine Aktivierung des gesamten nachträglichen Pflanzenwachstums. Diese samenstimulierende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs steht in Parallele mit der samenstimulierenden Wirkung der anderen katalytischen Düngemittel.

Die großen Hoffnungen, welche man auf die Anwendung der katalytischen Düngemittel setzte, haben sich nicht erfüllt, denn die zahlreichen Felduntersuchungen ergaben unsichere und nicht immer gleichmäßige Resultate. Diese Schwankungen der Resultate — neben günstigen Ertragssteigerungen, kamen normale oder sogar subnormale Ernteerträge — waren mit Ursache, daß sich die katalytischen Düngemittel in der Praxis nicht einbürgern konnten. Trotzdem wurden die Arbeiten von Bertrand vielfach wieder aufgenommen,

[1]) Muth: Die Wirkung des Schwefelkohlenstoffs auf die Pflanzen. Zellstforsch., Bd. III, 1927.

[2]) Korff und Ottensooser: Über die Wirkung einiger Bodenbehandlungsmittel auf das Pflanzenwachstum. Arb. d. Biol. Reichsanstalt, 1926.

[3]) Mehling: Mitt. d. D. Landw.-Ges., Nr. 42, 1925.

[4]) Maassen und Behn: Arb. d. Biol. Reichsanstalt, 1924.

bis jetzt aber immer mit demselben unsicheren Erfolg. Eine Ausnahme davon scheint die Anwendung des Schwefelkohlenstoffs zu machen.

Alle katalytischen Düngemittel wirken nach Art von Samenstimulationsmitteln. Ihre Wirkung ist von gewissen Umweltsbedingungen abhängig und deshalb nicht immer gleich günstig. Wenn z. B. gleich nach der Aussaat sich Regengüsse einstellen, so geht ein Teil der angewandten Mg-, Mn-, J- usw. Düngemittel in Lösung über, wird von den Samen aufgenommen und wirkt dann nach Art der Zellstimulantien. Gesetzt den Fall aber, daß die Regengüsse erst nach dem Auskeimen der Samen einsetzen, so bleiben die katalytischen Dünger ohne besondere oder, wenn überhaupt, von viel schwächerer Wirkung auf die jungen Keimlinge. Es ist nicht ohne Belang für die Entfaltung der Wirkung der zellstimulierenden Mittel, ob sie sich auf embryonale, aber in vita minima sich befindenden und mit allen Potenzen ausgestatteten Zellen ausübt oder auf schon ausgebildetes und differenziertes Gewebe. Im ersten Fall ist, wie zu erwarten, die Einwirkung stärker.

Aber nicht allein die Wirkung der katalytischen Düngemittel ist vom Standpunkt der Zellstimulationslehre zu erklären. Auch bei der Auswirkung der künstlichen Düngemittel müssen ihre Zellstimulationseigenschaften beachtet werden. Die künstlichen Düngemittel sind eben nicht nur unentbehrliche Nährstoffe für die Pflanze, wie dies bis jetzt einseitigerweise angenommen wird, sondern sie können auch unter gewissen Bedingungen — Regengüsse hauptsächlich während der Keimungsperiode der Samen, nicht gering zu schätzende Stimulationseigenschaften entfalten, so daß das Endresultat der künstlichen Düngung gewöhnlich aus dem Zusammenwirken dieser zwei Komponenten zu erklären ist.

Auf die stimulierenden Eigenschaften der künstlichen Düngemittel habe ich in meinen Publikationen über das Zellstimulationsproblem vielfach hingewiesen (1923—1924). Hier will ich einige schon besprochene Beispiele kurz ins Gedächtnis zurückrufen, welche das oben Gesagte bestätigen:

1. Die stimulierende Wirkung des KCl, allein oder in Kombination mit anderen Stimulationsgemischen, habe ich auf verschiedene Getreidearten im Laboratorium und auf dem Felde erprobt.

So z. B. gibt man Reissamen 24—48 Stunden in eine Lösung von 5 ‰—10‰ KCl und läßt dann die Samen in gewöhnlichem Wasser sich weiter entwickeln, so bekommt man kräftiger und üppiger entwickelte junge Pflänzchen als die Kontrollen. Diese günstige Wir-

kung des KCl trat auch bei den Feldversuchen deutlich zutage. Bei Anwendung von Mischungen von $MgCl_2$, $MnSO_4$, $MgSO_4$ und KCl als Stimulationslösungen für die Reissamen erzielte ich eine beachtenswerte Steigerung der Reisernte. Eine Hebung der Stimulationswirkung der Mg- und Mn-Gemische erzielte ich durch Beimengung von KCl auch bei den Feldversuchen mit Hafer.

Die erzielten Resultate bei den Hafer- und Reisversuchen werden noch verständlicher und klarer, wenn wir auch die Angaben über die stimulierenden Eigenschaften des KCl auf einzellige Organismen betrachten.

Läßt man eine 20 ‰ Lösung auf encystierte Euglenen 60 Minuten einwirken, so schlüpfen nach einigen Stunden ca. 95 % der Cysten aus.

2. Stimulierende Eigenschaften, wenn auch in schwächerem Grade, zeigen die Lösungen von KNO_3. Behandelt man Euglenencysten 60 Minuten mit einer 10 ‰ Lösung von KNO_3, so schlüpfen 80 % der Cysten aus.

Eine sehr starke Stimulationswirkung zeigt das KNO_3 bei Einwirkung auf reife, unbefruchtete Seeigeleier. Wenn wir auf dieselben eine 40 ‰ Lösung von KNO_3 — 130 Minuten einwirken lassen, so entwickeln sich ca. 90 % der Eier zu beweglichen Blastulae, die dann weiter ihre Entwicklung zu gut ausgebildeten Plutei fortsetzen.

Auch bei den Stimulierungsversuchen mit Reissamen zeigte das KNO_3 beachtenswerte Wirkungen. Die in KNO_3-Lösungen (5 ‰ und 10 ‰) 24—48 Stunden gebadeten Samen gaben deutlich bessere Keimlinge als die Kontrollen.

3. Gute stimulierende Wirkungen zeigen auch die Phosphordüngemittel — das KH_2PO_4 und besonders das $CaH_2(PO_4)_2$ —, wie dies ebenfalls aus Versuchen mit Euglenencysten zu ersehen ist.

Bei Behandlung von Euglenencysten 40 Minuten mit einer 10 ‰ Lösung von KH_2PO_4 wachen ca. 50—60 % der Cysten auf.

Eine entsprechend günstige stimulierende Wirkung hat das KH_2PO_4 auch auf Reissamen (5 ‰, 24—48 Stunden Behandlung); die behandelten Samen entwickeln sich merklich besser als die unbehandelten Kontrollen.

Euglenencysten, die 60 Minuten mit einer 0,5 ‰ Lösung von $CaH_2(PO_4)_2$ behandelt wurden, wachen zu 90—95 % auf.

Die stimulierende Wirkung des Kalziumphosphats dokumentiert sich auch bei Versuchen mit Seeigeleiern. Wenn man dieselben 10 Minuten lang mit einer Lösung von Konzentration 12 ‰ behandelt — so fangen alle Eier an, sich zu teilen.

Auch bei Versuchen mit Reissamen tritt die Stimulationswirkung des Kalziumphosphats deutlich zutage. Werden Reissamen 24 bis 48 Stunden in einer 1 ‰ Lösung von $CaH_2(PO_4)_2$ gehalten und dann in reinem Wasser weiter kultiviert, oder werden Reissamen in derselben Lösung 9 Stunden stimuliert, dann einige Tage ausgetrocknet

und nachträglich in Leitungswasser zur Auskeimung gebracht, so bekommt man Pflänzchen, die ein 1½mal besseres Wurzelsystem und kräftigere Stengel als die Kontrollen bilden.

Eine stimulierende Wirkung auf die Entwicklung der Samen zeigten auch Aufgüsse von Stalldünger, was zu erwarten war, da dieser eine Anzahl von den zu der Gruppe der Zellstimulantien gehörenden Salze und Säuren enthält. Über diese stimulierende Wirkung liegen einwandfreie Beobachtungen aus der täglichen landwirtschaftlichen Empirie vor. Die Stimulation mit Aufgüssen von Stalldünger ist überhaupt die erste vom Landmann empirisch in die große Praxis eingeführte Stimulationsmethode. Die Reisanbauer in Bulgarien tauchen die Reissamen vor der Aussaat ca. 24 Stunden in eine verdünnte Jaucheaufschwemmung, „damit der Reis besser keimt und sich besser entwickelt". Dasselbe Verfahren wird jedesmal von dem bulgarischen Bauer auch beim Anpflanzen von Baumwollsamen angewandt: dieser wird vorerst ca. 10 Stunden in einer verdünnten Jaucheaufschwemmung gehalten und erst dann ausgesät. Im Anschluß an diese Feststellungen teilt auch Hertel mit (1925), daß es mancherorts in Deutschland ebenfalls üblich ist, den Rübensamen vor der Aussaat in frischer Jauche aufzuquellen. Diese Behandlung bedingt ein rascheres Auflaufen und kräftigeres Wachstum der Jungpflanzen. Eine ähnliche Praxis sollen auch die chinesischen Bauern haben, wie dies in den „Chemischen Briefen" Liebigs berichtet wird. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß diese „Samendüngung" von Bedeutung für den besseren Ausfall der Ernte ist. Dieselbe ist natürlich nach dem hier vertretenen Standpunkt nichts anderes als eine primitive, in ihrer Anwendung vorerst ziemlich unkrontollierbare Samenstimulation.

Der Volksgenius war unbewußt auf dem Wege, durch scharfe Beobachtung, durch eine bewundernswerte Empirie und von einem sicheren Instinkt geleitet, die Bedeutung der Stimulation zu erkennen und sich dieselbe zunutze zu machen.

Alle diese empirisch gefundenen und ausgearbeiteten „Volksmethoden" finden in der Zellstimulationslehre ihre Erklärung und ihre wissenschaftliche Begründung.

Man sieht aus den vorhergehenden Ausführungen, daß die Düngemittel im allgemeinen, je nach ihrer Zusammensetzung, auch mehr oder weniger gut ausgeprägte Stimulationseigenschaften besitzen. Deshalb beruht der Endeffekt bei der Anwendung eines Düngemittels nicht nur auf seinen Eigenschaften als Nährmittel, sondern zu einem gewissen Teil auch auf seinen Stimulationseigenschaften.

Nach dieser Richtung, wie ich dies schon im Jahre 1923 ausführte, bedarf die Lehre der Wirkungsweise der Düngemittel einer unbedingten Korrektion und einer notwendigen und wichtigen Vervollständigung.

Es ist deshalb nicht ohne Bedeutung, zu erforschen, ob die künstlichen Dünger in reinem chemischen Zustand zur Anwendung gebracht werden sollen oder ob man ihre schon vorhandene Stimulationswirkung noch weiter erhöht durch Zusatz von stimulierenden Substanzen, wie J-, Br-, Mg- usw. Salzen, deren stimulierende Wirkung auf die Samen besonders stark ausgeprägt ist.

Die hier im Jahre 1923 entwickelte Auffassung über die Bedeutung und die physiologische Wirkungsweise der Düngemittel wurde schon vielfach von anderer Seite angenommen und bestätigt. So schreibt neuerdings z. B. B e c k e r (1926) anknüpfend an meine Arbeiten: „Da sich jedoch gezeigt hat, daß Nährstoffe, wie z. B. Kali- und Magnesiumsalze, eine Reaktionsbeschleunigung im Stoffwechsel des keimenden Samens, unabhängig vom Nähreffekt auslösen können, liegt der Schluß sehr nahe, daß auch die gebräuchlichen Nährsalze, wie sie im Boden an sich vorhanden sind, und diesem in Form von Düngerrohsalzen künstlich zugeführt werden, nicht nur einen Nähr-, sondern auch einen Stimulationseffekt in den meristematischen Geweben der wachsenden Pflanze hervorrufen. Man könnte sich somit sehr wohl vorstellen, daß gleichzeitig mit der Ernährung ein geschlossener Stimulationskreislauf in der Pflanze durch kontinuierliche Reizstoffzufuhr möglich wäre. Die Ernährungsvorgänge und Stimulationsvorgänge wären dann in einem ganz anderen Licht zu betrachten und ihre Erforschung auf eine andere Grundlage zu stellen[1])."

Das Auftreten der stimulierenden Wirkung der Düngemittel ist aber, der Art ihrer Anwendung entsprechend, Zufälligkeiten ausgesetzt, die bis zu einem gewissen Grade, wie wir bereits gesehen haben, auch den Ernteertrag beeinflussen.

Da nun das Zusammentreffen aller günstigen Bedingungen natürlicherweise selten vorkommt, so wird klar, zumal bei der genauen Präzision, welche eine Stimulationseinwirkung verlangt, daß bei den Düngemitteln die mögliche Stimulationswirkung selten ihr Optimum erreicht.

Da ferner, wie die Experimente zeigen, die stimulierende Wirkung der künstlichen Düngemittel von derjenigen anderer chemischer Stimulationsmittel übertroffen wird, so bleibt die primäre Aufgabe der Düngemittel, als Nährstoffe für die Pflanze zu dienen, bestehen. Damit nun aber die durch die Düngemittel den Pflanzen gebotene Nahrung besser ausgenutzt werden kann, müssen die Samen nach präzisen Stimulationsmethoden stimuliert werden.

Wenn auch die Stimulation und die Düngung zum Teil ineinandergreifende Vorgänge darstellen, so müssen sie trotzdem, um sich voll auswirken zu können, als g e t r e n n t e E i n g r i f f e in der landwirtschaftlichen Praxis bestehen bleiben: D i e D ü n g u n g

[1]) Becker, A.: Über den Einfluß der Samenbehandlung mit Reizchemikalien auf die Keimung und das Wachstum. Inst. für Pflanzenkrankheiten, Bonn, 1926.

wird nicht vikariierend für die Stimulation eintreten, ebenso wie umgekehrt die Stimulation der Samen die Notwendigkeit einer Düngung nicht ersetzen kann. Vielmehr bleibt die Düngung nach wie vor eine Notwendigkeit für die volle Entwicklung der stimulierten Pflanzen und folglich für die volle Auswirkung der Stimulation.

Im Anschluß an die Ermittlungen über die doppelte Wirkungsweise der Kunstdünger ist ein anderes physiologisches Problem aufzuwerfen, nämlich, inwieweit sind die Resultate der Ernährungsphysiologie von den Zellstimulationseigenschaften gewisser anorganischen und organischen Nährmittel abhängig. Von diesem Standpunkt aus könnte man auch die Frage über die Bedeutung der Nahrungskondimente bei der Ernährung von Mensch, Tier und Pflanze betrachten. Es ist anzunehmen, daß sich dabei manches Wichtige herausstellen wird, denn für den Ablauf des chemischen Metabolismus der Zelle ist es von Bedeutung, in welchem physiologischen Zustand sich dieselbe während der Nahrungsaufnahme befindet. Ein schlagender Beweis dafür ist der verstärkte chemische Metabolismus des optimal stimulierten Pflanzensamens, der zur Ausbildung von über die Norm sich entwickelnden Pflanzen führt.

Die älteren Untersuchungen über eine Vorbehandlung der Samen mit chemischen Lösungen bestimmter Konzentration gingen vor allen Dingen von der desinfizierenden Wirkung dieser Lösungen aus oder aber sie prüften die physiologische Wirkung verschiedener chemischer Lösungen nur auf die Keimungsprozesse, ohne diese Erscheinungen in einen großen Zusammenhang mit Zellstimulationsfragen zu bringen und ohne die Bedeutung der manchmal hervorgerufenen Keimungsbeschleunigungen für das spätere gesamte individuelle Wachstum der Pflanze und für die Umstimmung des gesamten individuellen Entwicklungsprozesses erkannt, experimentell verfolgt und hervorgehoben zu haben.

Hier will ich der Vollständigkeit halber kurz auf einige dieser Arbeiten eingehen.

In einem Brief an Pictet vom 24. Januar 1796 gibt Alexander von Humboldt[1]) folgende Beschreibung seiner Versuche an Lepidium sativum durch Einwirkung von Acide muratique oxygéné, die ich hier einfügen möchte:

„Je pris trois bocaux de verre que je remplis de trois substances différentes. Le Nr. 1 contenait de l'eau ordinaire dans son état naturel, mêlée avec de l'acide carbonique, de la potasse et quelques atomes de terres. Le Nr. 2 fut chargé d'acide muriatique ordinaire étendu d'eau et assez faible pour que l'on en pût soutenir le

[1]) Humboldt, A.: Correspondance scientifique et litteraire. Paris, 1865.

goût sur la langue. Le Nr. 3 était de l'eau imprégnée de gaz acide muriatique oxygéné. Cet acide était si fort, qu'il donnait des vapeurs suffoquantes, et que les substances végétales en étaient décolorées tout de suite. Je remplis les trois bocaux de la semence de cresson alénois ou Lepidum sativum L.; je trouvai après un quart d'heure les grains jetés dans l'eau pure, brunâtres et couverts de quelques bulles d'air. Ceux dans de Nr. 2 tiraient sur le noir; mais ceux dans le Nr. 3 étaient d'un jaune verdâtre, très enflès, et cachés, pour ainsi dire, sous une infinité de bulles qui annonçaient une gérmination accélérée. Après six à sept heures, le germe paraissait dans le bocal Nr. 3, après un espace de neuf heures les germes avaient poussée jusqu'à la longueur d'une ligne. Le Lepidium jeté dans l'acide muriatique ordinaire, devenait au contraire, de moment en moment, plus noìr. Les graìns avaient l'aìr ridé (rugosa) et desséché, et ils ne produisaient jamais aucun atome de germe. Le Nr. 1, où l'eau pure n'en présenta que dans une période de trente-six à trente-huit heures, et même alors ils étaient infiniment plus petits que ceux que l'acide muriatique oxygéné avait développés en sept on huit heures. — Quel phénomène, que d'avoir augmenter l'irritabilité des plantes par un fluide qu'on aurait dû croire fatal à toute matière organisée!"

In daran anschließenden Untersuchungen verfolgt dann Humboldt die Reizwirkung der acide muriatique oxygéné auf den musculus gemellus und auf das Herz von Rana temporaria.

Professor Nathanson, der mich 1930 auf die Versuche Humboldts aufmerksam machte, erzählte mir, daß er diese in den neunziger Jahren mit demselben Erfolg an Pflanzensamen wiederholt hat, und zwar mit Eau de Javelle und Wasserstoffsuperoxyd, ohne aber die Frage weiter vom Zellstimulationsstandpunkt aus zu verfolgen.

Mit der Zeit wurden auch andere chemische Mittel in den Bereich der Keimungsuntersuchungen übernommen, so z. B. fand Hindorf[1]) (1889), daß $MgCl_2$ und $CaCl_2$ auf die Keimung von Weizen, Roggen, Hafer, Raps usw. einen günstigen Einfluß haben. Jarius[2]) (1886) stellte fest, daß schwefelsaures Ammonium in Konzentration 0,4—1 ‰ nach einer Behandlung von 24 Stunden günstig auf die Keimung einwirkte. Hierher gehören auch die ähnlichen Versuche Vandevelde s[3]) (1897) mit K-, Na-, NH_4- usw. Salzlösungen, sowie auch diejenigen von Coupin[4]) (1901) mit Kaliumsalzen. Beide stell-

[1]) Hindorf: Über den Einfluß des Chlormagnesiums und Chlorkalziums auf die Keimung und Entwicklung einiger der wichtigsten Kulturpflanzen. 7. Bot. Jahresbericht 1889.

[2]) Jarius: Über die Einwirkung von Salzlösungen auf den Keimungsprozeß usw. Landw. Versuchsstationen, Bd. 32, 1886.

[3]) Vandevelde: Über den Einfluß der chemischen Reagenzien und des Lichtes auf die Keimung der Samen. Bot. Zentralblatt, Bd. 69, 1897.

[4]) Coupin: Sur la sensibilité des vegétaux supérieurs à l'action utile de sels de potassium. C. R. Ac. Sc., 132, 1901.

ten eine Beschleunigung der Keimung fest. Eine Beschleunigung der Keimung und außerdem eine Keimreifung konnte Kiessling[1]) durch Behandlung von frischgeernteter Gerste mit Ätherdämpfen, Schwefelsäure, Natronlauge und Formalin erzielen. Eine besondere Erwähnung verdienen die Reizuntersuchungen Bokornys[2]) durch Basen — Kalilauge und kohlensaures Ammoniak. Er studierte zuerst ihre Wirkung an freien Zellen (Paramaecium) und an pflanzlichen Sekretionszellen und konnte dabei eine beträchtliche Beschleunigung der Saftausscheidung (Narbenepidermiszellen von Crocus, Droseratentakeln), der Zirkulation des wandständigen Protoplasmas, der Vakuolenteilung, Bewegungsbeschleunigung (Paramaecium) usw. konstatieren. Von diesen Beobachtungen ausgehend, hat er dann auch Keimungsversuche durch Anwendung von Basen durchgeführt und gefunden, daß Kalilauge, Natronlauge, kohlens. Ammonium in geringen Konzentrationen eine bedeutende Keimungsbeschleunigung aufwiesen. Bokorny faßt neuerdings (1925) diese keimungsbeschleunigenden Einwirkungen als Zellstimulationserscheinungen auf.

Von demselben Gesichtspunkt aus untersuchte 1918 Stoklasa[3]) die Wirkung des Aluminiumchlorids auf die Keimung von Gerste, Weizen und konstatierte, daß die Konzentration von 0,0001 bis 0,0005 Atomgewicht Al in Gramm günstig auf den Keimprozeß einwirkt. In derselben Richtung bewegen sich auch die Arbeiten von Lundegårdh[4]) (1924) über die keimungsfördernde Wirkung des Beizchemikals $CuSO_4$, sowie auch die Arbeiten von Merkenschlager[5]) (1924) über die Wirkung von $MgSO_4$ in Konzentration von 1 ‰ als keimungsbeschleunigendes Agens (bei Roggen, Erbsen und Lupinen) usw.

Interessante Angaben über die stimulierende Wirkung chemischer Lösungen auf die Keimung der Samen von Amaranthus retroflexus L. bringen (1928) auch die Versuche Axentjeffs[6]). Er experimentierte mit 5 ‰ Lösungen von KNO_3 und $Ca(NO_3)_2$ und hat gefunden, daß diese „das Wachstum der Samen von A. retroflexus stimulieren, wobei sie nicht deren Schale, sondern Innenteile beeinflussen".

---

[1]) Kiessling, Untersuchungen über die Keimreifung der Getreide. Landw. Jahrbuch f. Bayern, Heft 6, 1911.

[2]) Bokorny, Über den Einfluß verschiedener Substanzen auf die Keimung der Pflanzensamen. Bioch. Zeitschrift, Bd. 50, 1913.

Derselbe: Zellstimulation durch Basen. Zellstforsch., Bd. I, 1925.

[3]) Stoklosa: Über den Einfluß des Aluminiumions auf die Keimung des Samens und die Entwicklung der Pflanzen. Bioch. Zeitschr., Bd. 91, 1918.

[4]) Lundegårdh, Studien über die Wirkung der pflanzenpathologischen Reizmittel. Biol. Zentralblatt, Bd. 44, 1924.

[5]) Merkenschlager: Keimungsphysiologische Probleme. Naturw. und Landw., 1924.

[6]) Axentjeff: Über den Einfluß einiger Salze auf die Keimung der Samen Bioch. Zeitschrift, 1928.

Auf die als Nebenerscheinung erzielten wachstumsfördernden Einwirkungen einiger desinfizierender Beizmittel, wie Uspulun, Segetan, Germisan, Tillantin B, Marulin, $CuSO_4$ usw., wurde man bewußt aufmerksam nach der Formulierung der Samenstimulationslehre vom allgemeinen zellphysiologischen Gesichtspunkt aus.

Auf diese stimulierende Wirkung der Beizmittel, welche hauptsächlich Hg-, As-(Tillantin B-), Cu-Verbindungen, Formol, Phenol, Chlorphenolquecksilber (Uspulun), Cyanverbindungen (Segetan I — Quecksilbercyanid und Kupferammoniumsalze; Segetan II — dasselbe wie Segetan I — nur Silbercyanid, statt Quecksilbercyanid enthaltend) u. dgl. enthalten, habe ich verschiedentlich in meinen Arbeiten hingewiesen und diese Betrachtungsweise hat manches zur Klärung der Beizfrage beigetragen.

Wenn heutzutage vielfach keimungsfördernde Versuche mit Beizmitteln als etwas sui generis angegeben werden und dieselben in Gegensatz zu den von mir empfohlenen Samenstimulationsmethoden gestellt werden, so knüpfen doch die Ansteller der Versuche an die Samenstimulationslehre an, die auch für die Beizproblemstellung entscheidend ist.

Die Beizung ist eine desinfizierende Entseuchungsmaßnahme, welche die Abtötung oder Entfernung von parasitären Organismen, z. B. Pilzsporen, die am Samen haften oder im Samen vorhanden sind, bezweckt. Bei Verfolgung dieses Zieles müssen aber die Konzentrationen des Beizmittels so gewählt werden, daß die Lebensenergie der Samen nicht geschädigt wird. Es kommt vor, daß dabei auch ungewollte Wirkungen einer Wachstumsförderung eintreten, die wir jetzt, wie hervorgehoben, als Stimulationswirkungen auffassen.

Bei den Stimulationsverfahren dagegen wird die Hebung der Lebensenergien des Samens als Ziel gesetzt. Diese Hebung äußert sich in der Förderung der Keim- und Triebkraft der Samen und in der Aktivierung der Wachstumsvorgänge der Pflanzen während ihrer ganzen individuellen Entwicklung, die sich schließlich in einer Ertragssteigerung (Samen- und Pflanzenmasse) äußert.

Das waren die Schlußfolgerungen, die ich bis zum Jahre 1923 aus meinen im Vorangegangenen wiedergegebenen Samenstimulationsversuchen gezogen habe. Die bei diesen Versuchen gesammelten Erfahrungen habe ich dann ausgenutzt, um die Frage der Samenstimulation weiter auszubauen und sie an Hand weiterer eingehender Versuche zu stützen.

Es entstanden so meine Feldversuche, die ich, dank der großzügigen Unterstützung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Nicodem Caro, in den Jahren 1924 und 1925 in Deutschland und im Auslande anzustellen die Möglichkeit hatte. Im nachfolgenden will ich kurz die Resultate dieser Versuche und die daraus sich ergebenden Ausblicke und Schlußfolgerungen wiedergeben.

Versuche in Deutschland vom Jahre 1924

Infolge der vorgerückten Zeit konnten für die Ernte 1924 nur Versuche mit Frühjahrssämereien eingeleitet werden. Es wurden angesetzt:

7 Versuche mit Hafer, von denen 5 positiv und 2 negativ ausfielen;

5 Versuche mit Gerste, davon 3 mit positivem und 2 mit negativem Ausfall;

3 Versuche mit Kartoffeln, davon 2 positiv und 1 negativ;
4 Versuche mit Zuckerrüben, alle positiv;
3 Versuche mit Buchweizen, alle positiv;
2 Lupinen-Versuche, beide positiv;
1 Hirse-Versuch — positiv;
1 Sommerweizen-Versuch — negativ.

Als Stimulationslösungen wurden verschiedene Gemische von $MgCl_2$, $MgSO_4$, $MnSO_4$, $Mn(NO_3)_2$, KCl, KJ, KBr, Chinaldin, Glyzerin und Tannin und andere organische Verbindungen angewandt. Die am häufigsten gebrauchten Lösungen sind unter folgenden Zahlen angeführt: $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ (I); $MgCl_2$ 15 ‰ + $MnSO_4$ 15 ‰ (Ia); $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ (II); $MgSO_4$ 15 ‰ + KJ 0,5 ‰ (III); $MgSO_4$ 15 ‰ + KBr 0,25 ‰ (IIIa); KJ 1 ‰ (IV); KBr 3 ‰ (und 5 ‰) (IVa); $MgCl_2$ 15 ‰ + $Mn(NO_3)_2$ 5 ‰ + KCl 7 ‰ (V); Chinaldin 0,25 ‰ (und 0,5 ‰) (Va); Chinaldin 0,25 ‰ + Phenol 0,5 ‰ (Vb); $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰ (VI); $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰ (VIa); $MgCl_2$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ (VII); $CaH_2(PO_4)_2$ 1 ‰ (VIII); Glyzerin 5 ‰ + Tannin 1 ‰ (IX); außerdem Uspulun 2 ‰; Uspulun 1,5 ‰ + KJ 0,25 ‰; Bromphenol 0,5 ‰; Glyzerinphosphorsäure 0,25 ‰; $MgBr_2$ 10 bis 25 ‰ usw.

I. Hafer

1. Stimulationsversuch mit Hafer. F. v. Lochows Petkuser Gelbhafer. Antonienhof 1924 (Ungedüngt).

Kontrolle 6,86 Zentner

I	4	Stunden	8,75 Zentner	IV	4	Stunden	9,83 Zentner
	6	„	8,00 „		5	„	9,16 „
II	6	„	8,00 „	V	½	„	8,85 „
	8	„	8,00 „		1	„	10,16 „
III	6	„	8,00 „	VI	3	„	11,00 „
	4	„	10,00 „		5	„	11,16 „

2. Stimulationsversuch mit Hafer (wie oben). Antonienhof 1924 (Volldüngung: 1 Ztr. 40 % Kalisalz, 1 Ztr. 16 % Thomasmehl, 1 Ztr. 18 % Kalkstickstoff).

Kontrolle 8,47 Zentner

I	4	Stunden	10,88	Zentner	IV	4	Stunden	8,56 Zentner
	6	„	10,05	„		5	„	12,10 „
II	6	„	9,50	„	V	½	„	9,66 „
	7	„	12,66	„		1	„	10,16 „
III	4	„	13,88	„	VI	3	„	9,91 „
	6	„	12,46	„		5	„	9,25 „

Diese zwei Versuche sind von Herrn Saatzuchtinspektor Chudzinski mit dreimaliger Wiederholung und Einschaltung von je 20 Kontrollparzellen auf 50 qu Parzellen durchgeführt.

3. Hafervversuch — Gutsverwaltung Hartensdorf (Brandenburg), ausgeführt von Herrn Spielberg (Volldüngung):

nicht stimuliert: 16,70 Ztr. pro ¼ ha,
stimuliert: 18,00 Ztr. pro ¼ ha.

4. Hafervversuch, ausgeführt von Herrn Rittergutspächter Pleines-Niedergurig — mit einem Mehrertrag bei den stimulierten Parzellen von 10—12 Ztr. je ha.

5. Hafervversuch — Antonienhof. Volldüngung. Parzellengröße ½ Morgen.

VI 6 Stunden	5,27	Zentner
Kontrolle	4,40	„
II 7 Stunden	5,00	„
Kontrolle	4,70	„
VI 6 Stunden	5,10	„
Kontrolle	4,00	„
II 7 Stunden	4,15	„

II. Sommergerste

1. Stimulationsversuche mit Sommergerste. Gutsverwaltung Wendehnen.

a) Ungedüngt:

Kontrolle 14,5 Zentner je ¼ ha

I	4	Stunden	13,0	Zentner	IV	4	Stunden	15,5 Zentner
	6	„	15,5	„		5	„	16,0 „
II	6	„	15,5	„	V	3	„	16,5 „
	7	„	15,0	„		5	„	12,5 „
III	4	„	15,5	„	VI	4	„	12,5 „
	6	„	16,0	„		6	„	15,0 „

b) halbe Düngung:

Kontrolle 17,0 Zentner

I	4	Stunden	20,0	Zentner	IV	4	Stunden	16,5 Zentner
	6	„	20,0	„		5	„	17,5 „
II	6	„	16,5	„	V	3	„	17,5 „
	7	„	18,7	„		5	„	15,0 „
III	4	„	16,5	„	VI	4	„	15,0 „
	6	„	18,0	„		6	„	17,5 „

c) Volldüngung:

Kontrolle 17,5 Zentner

I	4 Stunden	20,0 Zentner		IV	4 Stunden	16,5 Zentner	
	6 „	20,0 „			5 „	18,7 „	
II	6 „	20,0 „		V	3 „	18,0 „	
	7 „	18,7 „			5 „	17,5 „	
III	4 „	18,7 „		VI	4 „	16,5 „	
	6 „	18,0 „			6 „	18,7 „	

2. Stimulationsversuch mit Gerste. Durchgeführt von Herrn Hunnius, Jeschütz bei Bautzen — mit einem Mehrertrag von 13,5 % (Stimulationsmittel IV und VI).

III. Hirse

1. Stimulationsversuch mit Hirse, durchgeführt von Herrn Haeger (auf ca. 3 Morgen):

VI, 8 Std.	Mehrertrag	gegen	unbehandelt	+ 35 %
III, 6 Std.	„	„	„	+ 29 %
II, 6 Std.	„	„	„	+ 8,8 %
IV, 8 Std.	„	„	überstimuliert	— 9,7 %

IV. Zuckerrüben

1. Stimulationsversuch zu Zuckerrüben bei Herrn Gutsbesitzer Preutenborbeck in Bad Kleinen. (Abb. 33.)

Kontrolle	a) Rüben je 1/4 ha **151,52** Ztr.	b) Blätter je 1/4 ha **179,53** Ztr.	c) Rüben und Blätter je 1/4 ha **331,96** Ztr.
IV, 6 Std.	137,1	159,81	296,72
VI, 4 „	170,15	246,73	416,18
VI, 5 „	158,08	263,60	419,96
VII, 4 „	170,11	200,80	370,91
VII, 6 „	173,68	209,66	383,55

2. Stimulationsversuch zu Zuckerrüben bei Herrn Rittergutsbesitzer Middendorf in Rasdorf.

Kontrolle	a) Rüben je 1/4 ha **148,72** Ztr.	b) Blätter je 1/4 ha **134,75** Ztr.	c) Rüben und Blätter je 1/4 ha **284,47** Ztr.
VI, 4 Std.	116,10	143,66	259,94
VI, 5 „	136,56	179,54	314,68
VII, 4 „	137,43	183,59	321,03
VII, 5 „	174,83	211,74	386,56

Die Versuche 1 und 2 sind durch Herrn Diplomlandwirt Lambrecht durchgeführt worden.

3. Ein Stimulationsversuch mit Zuckerrüben in Antonienhof ergab folgende Resultate:

Kontrolle 120 Ztr. je ¼ ha
stimuliert (VII) 150 Ztr. je ¼ ha

4. Ein ähnliches Resultat ergab auch der Stimulationsversuch mit Zuckerrüben bei Herrn Metschkoff (Nikopol-Bulgarien):

Kontrolle 100 Ztr. je ¼ ha
stimuliert (III) 150 Ztr. je ¼ ha

Abb. 33. Links unbehandelt, rechts stimuliert.

5. Stimulationsversuch zu Zuckerrüben, durchgeführt von Herrn Rittergutspächter W. Pleines (Niedergurig bei Bautzen):

	Rüben Zentner je $^1/_4$ ha	Zucker $^0/_0$
IVa, 4 Std.	180	18,6
IVa, 5 „	169	16,0
IV, 4 „	165,5	19,2
IV, 5 „	162,7	18,2
Kontrolle	**151**	**17,6**
Ia, 3 Std.	176,5	18,2
II, 6 „	175,1	18,8
Va, 1 „	178,5	19,2
Vb, $^1/_2$ „	179,4	17,0
Kontrolle	**175,6**	**17,8**

Alle Rübenversuche haben eine nennenswerte Ertragssteigerung gezeigt.

V. Kohlrabi

1. Stimulationsversuch zu Kohlrabi (weiß). Antonienhof bei Oranienburg:

Kontrolle	18,9 kg	je	100	Stück
IVa, 1 Std.	45,1 kg	„	100	„
IVa, 2 Std.	26,1 kg	„	100	„
IVa, 3 Std.	23,6 kg	„	100	„

2. Stimulationsversuch zu Kohlrabi (blau, Goliath), Antonienhof:

Kontrolle	72 kg	je	100	Stück
IVa, 1 Std.	76 kg	„	100	„
IVa, 2 Std.	100 kg	„	100	„
IVa, 3 Std.	70 kg	„	100	„

VI.

Eine Wachstums- und Ertragsteigerung ergaben auch die Versuche mit Kürbis, Gurken, Blumenkohl und Bohnen (bei Kürbis, Blumenkohl und Bohnen über 30 %), die in Antonienhof (bei Oranienburg) angestellt wurden.

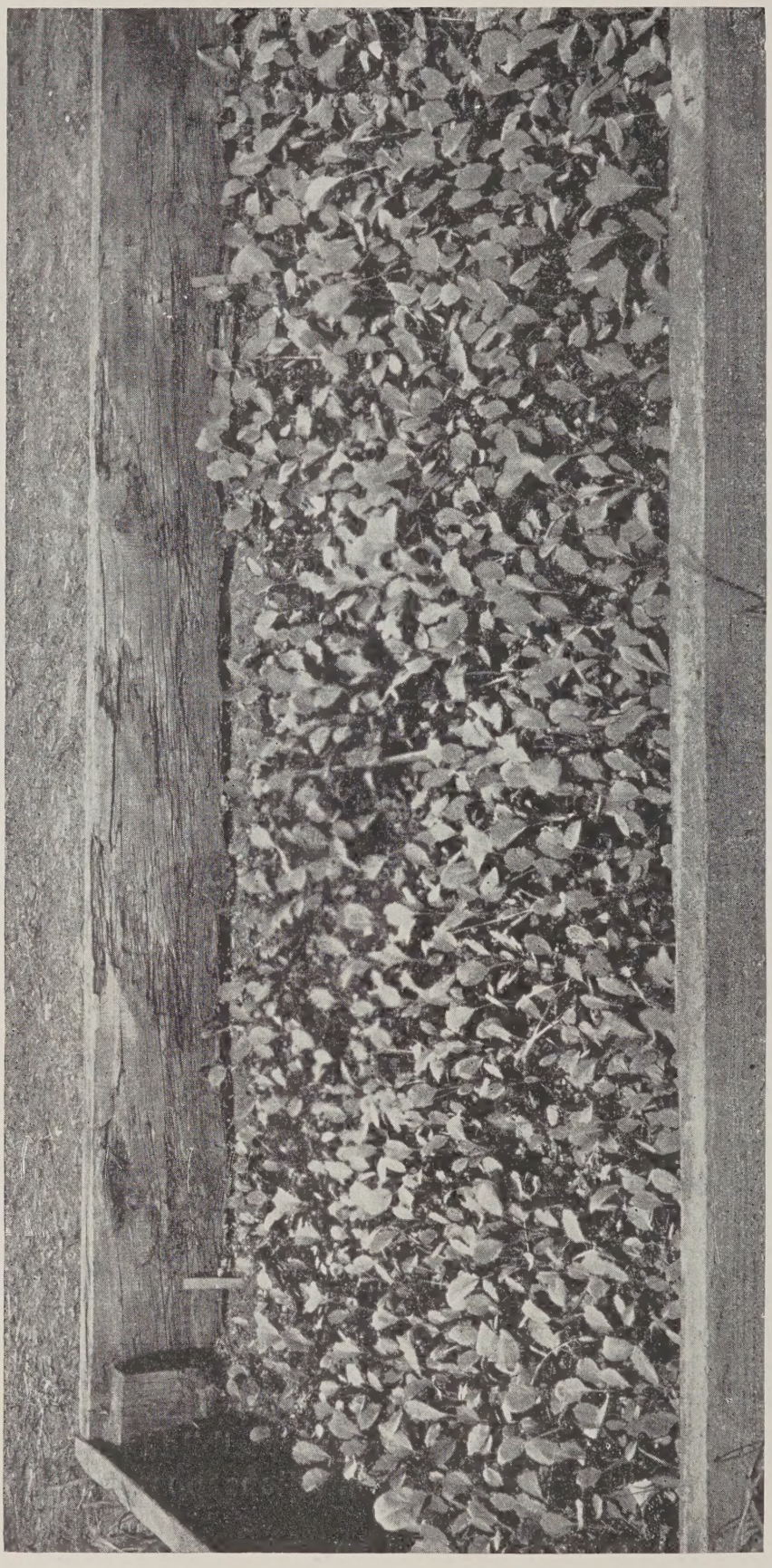
Sehr günstig fielen auch die Grasversuche (Rasen) aus, ebenfalls in Antonienhof angestellt, und zwar bei der optimalen Stimulation mit VIa, 2 Std.; IVa, 2 Std.; $MgBr_2$, 2 Std.; $MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 10 ‰, 2 Std.; Bromphenol 0,5 ‰, 2 Std. u. a. Die stimulierten Parzellen wuchsen üppiger und dichter und zeigten eine tiefgrüne Färbung, womit sie von den Kontrollen günstig abstachen.

VII. Spinat

1. Stimulationsversuch zu Spinat, ausgeführt von Graf Wallwitz, Niedergurig bei Bautzen. Der Versuch umfaßt sechs Stimulationsbehandlungen (mit IV, IVa, VI usw.) und Trockenkontrollen, auf je zwei Beetreihen (Beet zu 14 m Länge) auf gleichmäßigem Boden, bei gleicher Düngung und Vorfrucht. Die stimulierte Gewichtsmenge betrug je 61 g Aussaat am 10. Mai 1924. Eine gleichzeitig von allen verschiedenen Behandlungen am 10. Juni durchgeführte Ernte von je 8 m pro Beet ergab bei der Kontrolle 1005 g, bei der besten Stimulationsparzelle (IVa, 5 Std.) 1632 g, also 60 % Mehrertrag. Einzelmessungen ergaben für die stimulierten Pflanzen größere Blattzahl je Staude, stärkere Wurzelbildung, größere Blattoberfläche und damit besseren Assimilationsapparat.

VIII. Kohlarten

1. Stimulationsversuch an Blaukohl. Antonienhof. Die mit dem Stimulans VII behandelten Samen ergaben Pflanzen, die im Mist-



Unbehandelt. Abb. 34a. Stimulationsversuch mit Weißkohl. Steigende Stimulation.

Steigende Stimulation. Abb. 34 b. Stimulationsversuch mit Weißkohl. Günstigste Stimulation.

beet eine allmähliche Steigerung des Wachstums zeigten, anfangend mit 1 Stunde Behandlung und allmählich aufsteigend bis zu 3 Std. Diese optimal stimulierten Pflanzen waren, wie aus der beigegebenen Photographie (Abb. 34 a und b) zu ersehen ist, fast zweimal größer als die Kontrollen. Der bloße Anblick dieses Versuches war ein eklatanter Beweis für die Wirkungsweise einer gut gelungenen Stimulation. Der Versuch konnte leider nach der Verpflanzung nicht weiter verfolgt werden.

2. Als eine Fortsetzung dieses Versuches ist aber der von Prof. Dr. Otto Heuser auf Rittergut Markee, Nauen, durchgeführte Versuch an Weißkohl zu betrachten. Ich gebe den Versuch nach der Beschreibung von Dr. Heuser wieder.

„Als Stimulationsmittel sind untersucht worden: Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Mangansulfat, Kaliumjodid, Glyzerin und Tannin in verschiedenen Zusammenstellungen, außerdem wurde eine Behandlung mit Uspulun in die Versuche eingestellt. Als Vergleichsgrundlage dienten zwölf unbehandelte Teilstücke, sowie vier Teilstücke mit Wasserbehandlung. Die einzelnen Stimulantien sind nach den Numerierungen (S. 261) angegeben.

Der Versuch wurde auf humosem Lehmboden in Markee zu einer Frühweißkohlsorte eigener Züchtung angestellt. Die Versuchsteilstücke lagen inmitten eines größeren Weißkohlschlages. Die Düngung betrug je ha: 200 dz Stallmist, 4 dz 40proz. Kali, 2 dz Ammonsulfatsalpeter, 4 dz schwefels. Ammoniak, sämtlich vor der Bestellung gegeben. Am 5. März wurden die Samen ins Mistbeet gesät, am 10. April die jungen Pflanzen ins Feld ausgepflanzt. Das Land war vorher gut vorbereitet worden und kreuz und quer in einer Reihenentfernung von 66,66 cm markiert. Jedes Teilstück umfaßte zwei Reihen mit je 78 Pflanzstellen. Geerntet wurde am 16. Juli.

Bereits im Mistbeet zeichneten sich einige der Stimulationen durch kräftigeren und rascheren Wuchs aus. Diese Unterschiede kamen im Laufe der Vegetation noch deutlicher zum Vorschein. Die Höhe der Stimulationswirkung konnte sehr deutlich an Wuchs und Aussehen der Pflanzen festgestellt werden, und es zeigte sich bei der Ernte, daß unsere Vegetationsbeobachtungen mit dem Versuchsergebnis sehr gut übereinstimmten. Bei der Beurteilung der Stimulationswirkung im vorliegenden Versuch muß zunächst allgemein berücksichtigt werden, daß der Weißkohl keine besonders geeignete Pflanze zur Stimulierung ist. Das notwendige Verpflanzen aus dem Mistbeet ins Freiland bringt eine Wachstumsstockung mit sich, bei der sich die stimulierende Wirkung leicht verlieren kann. Wenn trotz der Wachstumsunterbrechung die Stimulierung der Pflanzen angedauert hat, so spricht das um so mehr für den Wert des Verfahrens.

Behandlungsart	Behandlungszeit	Ertrag in dz je ha im Mittel	wahrscheinliche Schwankung	mehr gegen Unbehandelt
Unbehandelt . .		361,05	± 6,63	—
Wasser	3 Stunden	362,86	± 6,51	+ 1,81
Uspulun 2 ‰ .	15 Minuten	365,40	± 10,26	+ 4,35
	30 „	379,90	± 10,61	+ 18,85
	45 „	386,06	± 6,54	+ 25,01
IV	2 Stunden	428,11	± 15,47	+ 67,06
	3 „	407,09	± 22,46	+ 46,04
	4 „	394,40	± 15,92	+ 33,35
Uspulun 1,5 ‰ + KJ 0,25 ‰	15 Minuten	388,24	± 9,81	+ 27,19
	30 „	372,65	± 8,13	+ 11,60
	45 „	315,74	± 3,71	— 45,31
VI	2 Stunden	400,92	± 3,18	+ 39,87
	3 „	415,42	± 14,15	+ 54,37
	4 „	440,08	± 15,03	+ 79,03
II	2 „	447,32	± 12,02	+ 86,27
	3 „	436,09	± 13,26	+ 75,04
	5 „	477,05	± 21,58	+116,00
I	2 „	373,73	± 11,14	+ 12,68
	3 „	365,76	± 11,14	+ 4,71
	4 „	378,45	± 19,15	+ 17,40
III	2 „	398,02	± 7,24	+ 36,97
	3 „	366,12	± 7,07	+ 5,07
	5 „	375,75	± 15,21	+ 14,50
IX	2 „	420,86	± 10,08	+ 59,81
	3 „	407,45	± 10,96	+ 46,40
	5 „	421,59	± 6,54	+ 60,54

Wie aus den mitgeteilten Zahlen hervorgeht, haben sämtliche untersuchten Mittel gewisse stimulierende Wirkungen gezeigt. Bei einigen Versuchen sind die erzielten Mehrerträge infolge der großen Schwankung der Ergebnisse als nicht sicher anzusehen. Deutliche und unbedingt sichere Mehrerträge sind durch Behandlung mit den Stimulationslösungen VI, II und IX erzielt worden. Hier betragen die Mehrerträge bis zu 25 % und mehr. Teilweise nimmt die Stimulationswirkung mit steigender Einwirkungsdauer des Mittels zu, so daß vermutet werden kann, daß das Optimum bei einer noch höheren Einwirkungsdauer liegt. Bei den Versuchen mit den Stimulationslösungen III und IV zeigt sich jedoch mit zunehmender Behandlungsdauer ein übereinstimmendes Abfallen der Erträge, so daß neue Versuche sich hier auf eine kürzere Behandlungsdauer erstrecken müssen. Eine direkte Schädigung des Ertrages ist in einem Falle festgestellt worden (Kombination Uspulun + KJ).

Wenn wir aus den vorstehend mitgeteilten Versuchen eine Schlußfolgerung ziehen wollen, so ist es die, daß wir zweifellos durch Stimulierung mit geeigneten Mitteln die Ernten sehr erheblich steigern können. Ebenso zweifellos steht aber fest, daß wir diese Erfolge nur auf Grund einer außerordentlich umfassenden Versuchsarbeit erzielen können. Jede Pflanzenart erfordert in bezug auf

Stimulationsmöglichkeiten ein besonderes Studium; es ist ferner nicht ausgeschlossen, daß sich die einzelnen Sorten innerhalb einer Art in ihren Beziehungen zu den Stimulationsmitteln verschieden verhalten. Der Gedanke der Zellstimulation hat bereits in weiten Kreisen Fuß gefaßt, es muß aber gesagt werden, daß es in den meisten Fällen nur zu einer oberflächlichen Berührung mit diesem Gedanken gekommen ist. Von einer gründlichen Durchdringung unserer Versuchstätigkeit mit den Problemen der Zellstimulation, wie sie für das Zustandekommen eines Erfolges notwendig ist, kann noch nicht die Rede sein." (Deutsche landw. Presse, 51. Jahrgang, 1924, Nr. 37.)

Aus der Reihe der Versuche vom Frühjahr 1924 will ich hier zwei Versuchsserien — mit Buchweizen und Kartoffeln — besonders besprechen, da sich bei ihnen die schon bei anderen Versuchen beobachtete

Verlängerung der Wachstumsperiode der Pflanzen nach Stimulation besonders deutlich zeigte.

I. Versuche mit Buchweizen

Von Herrn Rittergutspächter Pleines in Niedergurig bei Bautzen (Besitztum Graf Walwitz) wurden nach meinen Angaben in den ersten Tagen des Mai 1924 fünf Portionen von Buchweizen (Polygonum esculentum) mit 5 verschiedenen Stimulationslösungen stimuliert (S. 261), und zwar mit: Vb, 1 Stunde; Va, 1 Stunde; VI, 3 Stunden; II, 8 Stunden und IVa, 6 Stunden; dann jede Portion in drei, der anzubauenden Flächen entsprechende Teile geteilt und einen Tag nach der Stimulation unter Hinzufügung einer gleichwertigen Kontrolle ausgedrillt. Die Versuche wurden angestellt auf dem Gut von Pleines, auf dem von Hunnius (Jeschutz, ca. 4 km von Gut von Pleines entfernt) und auf demjenigen von Hermsdorf (das Gut liegt ca. 15 km vom Pleinesschen Gute entfernt), so daß der gleichstimulierte und gleichartige Samen auf drei verschiedenen Gütern mit verschiedenen Bodenverhältnissen, bei einer Saatmenge von 20 Pfd. pro Morgen, angebaut wurde.

1. Auf dem Pleinesschen Gute war die angebaute Fläche 160 m lang und 40 m breit, d. h. 6400 qm groß. Die Versuchsfläche war ganz eben, der Boden einheitlich, ungedüngt. Die Reihenfolge der Parzellen, die der Länge nach gedrillt waren, war folgende:

1	Vb
2	Va
3	VI
4	Kontrolle
5	II
6	IVa

2. Die angebaute Parzelle bei Herrn Hunnius lag auf einem von Süden nach Norden leicht ansteigenden Gelände. Damit alle Bodenarten von der Kontrolle gleichmäßig berücksichtigt werden konnten, hat der Versuchsansteller folgende Planeinteilung gewählt.

568 □M Kontrolle	Stim. Va + Vb	1056 □M	568 □M Kontrolle
	Stim. IVa	1056 □M	
	Stim. VI	1056 □M	
	Stim. II	1056 □M	
	Kontrolle	354 □M	

Bei der Ausrechnung schieden von der Kontrolle 426 qm aus. Die Saatmenge wurde so ausgerechnet, daß auf 1056 qm 12,5 Pfd. kamen.

Abb. 35.

3. Der Anbauplan bei Herrn Hermsdorf war ähnlich wie bei Herrn Pleines, nur daß die Parzellen der Anbaufläche quer gestellt wurden.

In den ersten Wochen des Wachstums zeigten die stimulierten Parzellen bei allen drei Versuchen im Vergleich zu den Kontrollen keine besonders auffallenden Größenunterschiede; die Färbung der stimulierten Parzellen war aber eine tiefer grüne als die der Kon-

trollen. Auch die Blütenperiode begann bei allen Parzellen fast gleichzeitig. Es zeigte sich aber nach einiger Zeit, daß die stimulierten Parzellen üppiger zu wachsen begannen. Die Pflanzen hatten dickere Stengel und zeigten reichlichere Verzweigung und demnach auch stärkeren Blütenansatz als die Kontrollpflanzen. Am auffälligsten waren diese Unterschiede gegen das Ende der Blütenperiode. Die Kontrollen hatten dieselbe am schnellsten beendet, schon gegen Ende Juli; ihnen folgten die stimulierten Parzellen Vb und Va. Die anderen stimulierten Parzellen aber dehnten ihre Blütenperiode noch ca. 2 Wochen länger aus, so daß eine Zeitlang die Versuchsfelder sowohl bei Herrn Pleines, als auch bei den Herren

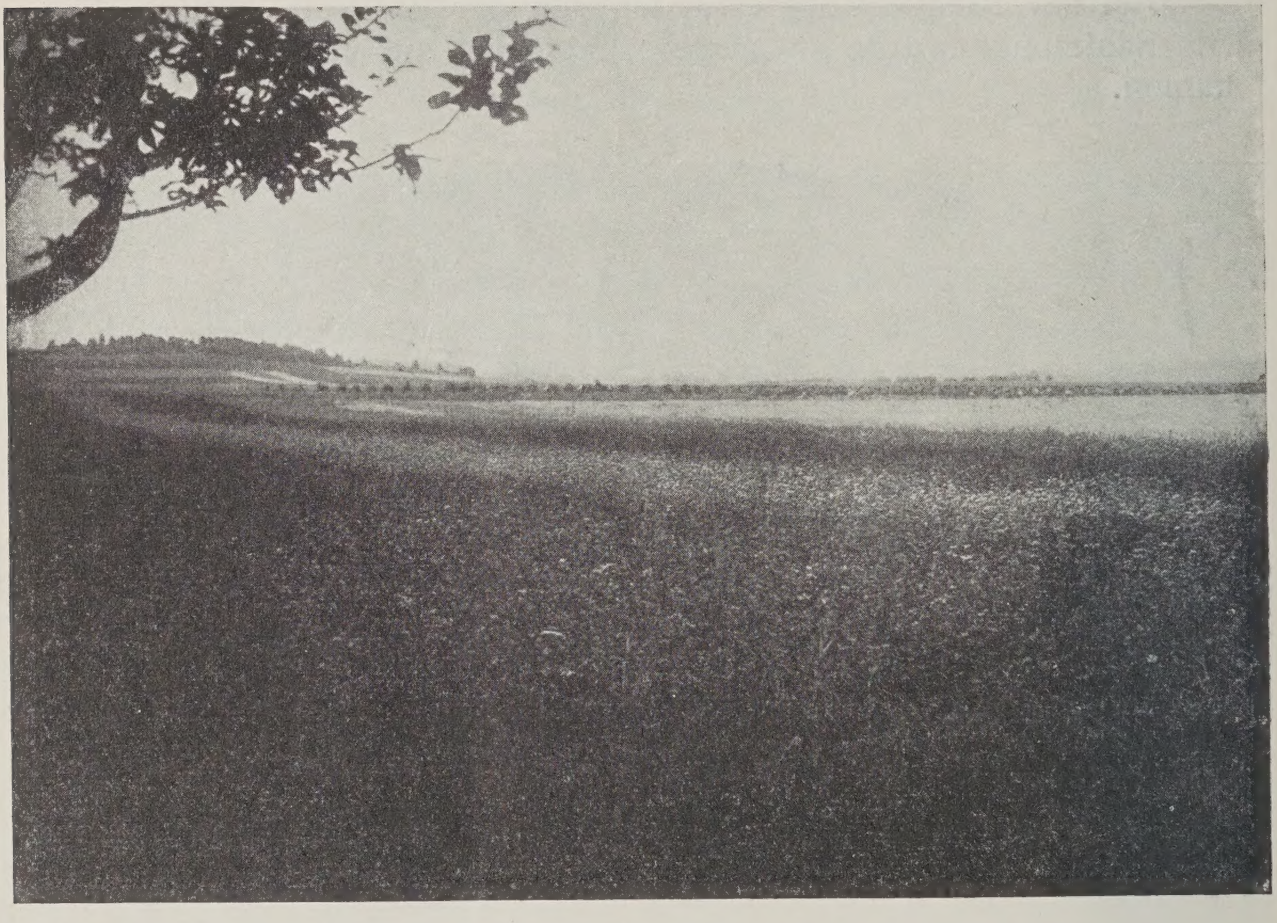


Abb. 36.

Hunnius und Hermsdorf ein sehr bemerkenswertes und auffallendes Bild zeigten. Die schon abgeblühten und grünen Kontrollen standen in auffallendem Kontrast zu den noch in üppiger Blüte sich befindenden stimulierten Parzellen, so daß das Versuchsfeld in scharf abgeschnittene, in die abgeblühten grünen und die weißblühenden Parzellen geteilt war. Durch diese Verlängerung der Vegetationsperiode konnten sich die stimulierten Pflanzen reichlicher verzweigen und wurden außerdem 10—15 cm höher. Wer diesen Unterschied gesehen hat, mußte von dem tiefen Eingriff und der weitgehenden Umstellung der stimulierten Pflanzen im Vergleich zu den normal angebauten einen überzeugenden Eindruck gewinnen. Eine gute

Vorstellung von dem Stand dieser Versuche geben die zwei hier beigefügten Photographien (Abb. 35 und 36). Der dunkle Streifen links zeigt die schon abgeblühten Parzellen Vb und Va, dann folgt die noch in voller Blüte sich befindende Parzelle VI, ihr folgt die vollständig abgeblühte Kontrolle und daran anschließend rechts die sich in voller Blüte befindenden Parzellen II und IVa. Durch diese Reaktionsfähigkeit erweist sich der Buchweizen als ein besonders günstiges Objekt, um die Wirksamkeit des Stimulationseingriffes zu demonstrieren.

Diesen besonderen Wachstumsunterschieden entsprechend waren auch die Ernteergebnisse:

	Ernte in Pfund	% Mehrertrag
Versuch Pleines:		
Parzelle 1, Vb	194	14
Parzelle 2, Va	203	20
Parzelle 3, VI	238	40
Parzelle 4 (Kontrolle)	**170**	—
Parzelle 5, II	214	26
Parzelle 6, IVa	190	12,5
Versuch Hunius:		
Parzelle 1 und 3, Vb und Va	—	nicht ausgerechnet, da stark verqueckt
Parzelle 3, VI	—	64,7
Parzelle 5, II	—	33
Parzelle 6, IVa	—	22

Der Versuch Hermsdorf, der genau dieselben Unterschiede während des Blühens wie die Versuche Pleines und Hunnius zeigte, war auf sehr armem, sandigem Boden angestellt und konnte sich nicht gut entwickeln; die Pflanzen blieben klein, nicht genügend verzweigt; deshalb wurde er auch nicht genau ausgerechnet.

II. Versuche mit Frühkartoffeln
(Versuchsgut Antonienhof bei Oranienburg.)

Für die Versuche wurde die Kartoffelsorte Kaiserkrone angewandt. Bei der Stimulation wurden die ganzen Kartoffeln in die Stimulationslösungen getan. Als solche dienten: Ia, II, IVa und Vb. Angebaut wurde am 1. Mai 1924, gleich nach der Stimulation, eine Fläche 132 m lang und 38 m breit, d. i. ca. 2 Morgen. Gedüngt wurde mit Stalldünger. Jede Parzelle betrug drei Längsreihen, angepflanzt mit Kartoffelsetzmaschine.

In den ersten Wochen nach Aufgehen der Kartoffel waren keine besonderen Unterschiede zu merken. Allmählich aber, gegen Ende des zweiten Monats, zeichneten sich die stimulierten Parzellen von den Kontrollen durch ihre dunkelgrüne Färbung aus, so daß man, aus einiger Entfernung in der Richtung der Längsreihen sehend, be-

merken konnte, wie sich die stimulierten Parzellen deutlich durch ihre Färbung von den unstimulierten abhoben. Die Ernte erfolgte am 22. August.

Da die Ausrechnung der ganzen Parzellen mit Schwierigkeiten verbunden war, so wurden von jeder Parzelle der Ertrag von je 300 Stauden ausgerechnet, und zwar so, daß je 100 Stauden von beiden Enden und von der Mitte der Parzelle, in gleicher Höhe für alle Parzellen, ausgerechnet wurde. Auf diese Weise wurde der Bodenverschiedenheit Rechnung getragen.

Die nachfolgende Tabelle gibt den ausgerechneten Ertrag von den verschiedenen Parzellen in der Reihenfolge, wie sie auf dem Felde standen, wieder:

Parzellen	Ertrag von je 100 Stauden in Pfund			Ertrag von den 300 Stauden Pfund
	Unteres Ende der Parzelle	Mitte	Oberes Ende der Parzelle	
Vb 40 Minuten	150	248	194	592
Vb 60 Minuten	198	234	172	504
Ia 2 Stunden	168	294	199	661
Kontrolle	**200**	**210**	**178**	**588**
Ia 1 Stunde	190	270	180	640
Ia 1 „	210	256	179	645
IVa 1 „	212	250	182	644
Kontrolle	**200**	**190**	**160**	**550**
IVa 1 Stunde 30 Minut. .	298	254	189	741
Ia 3 Stunden	254	208	186	648
Ia 2 „	298	232	190	710
Kontrolle	**250**	**190**	**150**	**590**
Ia 2 Stunden	278	216	169	663
II 2 „	228	228	147	603
IVa 2 „	268	258	158	684
Kontrolle	**260**	**212**	**158**	**630**
II 3 Stunden	360	216	168	690

Aus den angeführten Zahlen ist zu entnehmen, daß durch die Stimulierung eine beträchtliche Steigerung der Kartoffelernte erzielt wurde. Dasselbe zeigt auch der umfangreiche

Versuch mit Spätkartoffeln (Sorte Phönix),

der ebenfalls in Antonienhof bei Oranienburg, auf einem ca. 50 Morgen großen ungedüngten Felde, welches anschließend an das Versuchsfeld mit Frühkartoffeln lag, angelegt wurde. Als Stimulationsmittel wurden gebraucht die Lösungen Ia, II, IVa, Va, VI und VII. (S. 261.) Angepflanzt wurde gleich nach der Stimulation, am 14., 15. und 16. Mai 1924, mit Kartoffelsetzmaschine:

(Siehe Tabelle S. 275.)

In den ersten Wochen des Wachstums waren keine Unterschiede zwischen Kontrollen und stimulierten Parzellen zu beobachten. Dieselben traten im Monat August, und zwar durch eine deutlich zu unterscheidende tiefer grüne Färbung der stimulierten Parzellen im

Vergleich zu den Kontrollen zutage. Also auch bei den Spätkartoffeln entwickelten sich dieselben Farbenunterschiede im Laub wie bei den Frühkartoffeln.

Bei den Spätkartoffeln wurde aber der Unterschied noch auffallender, als Mitte September das Laub der Kontrollen zu welken und schwarz zu werden anfing, in einer Zeit, wo das Laub der stimulierten Parzellen noch vollständig frisch und grün war; und da auf dem 50 Morgen großen Versuchsfelde Kontrollen und stimulierte Par-

Stimulans	Reihen	Ertrag von 150 Stauden	Stimulans	Reihen	
Va 10 Minuten . .	9	307	IVa 2 Stunden . .	39	Der Ertrag von diesen Parzellen wurde nicht ausgerechnet
Kontrolle . . .	3	**250**	Kontrolle . . .	3	
IVa 1 Stunde . . .	6	275	Gemenge	24	
Kontrolle . . .	3	**254**	IVa 2 Stunden . .	36	
Va 20 Minuten . .	6	272	Kontrolle . . .	3	
Kontrolle . . .	3	**238**	IVa 2 Stunden . .	30	
VII 2 Stunden. . .	6	296	Kontrolle . . .	15	
Kontrolle . . .	3	**229**	VII 2 Stunden . .	21	
Ia 2 Stunden. . .	6	261	Kontrolle . . .	3	
Kontrolle . . .	3	**234**	VII 2 Stunden . .	36	
VI 2 Stunden. . .	9	256	Kontrolle . . .	3	
Kontrolle. . .	3	**214**	VII 2 Stunden . .	24	
II 2 Stunden. . .	6	283	Kontrolle . . .	33	
Kontrolle . . .	3	**178**	VI 2 Stunden . .	48	
IVa 2 Stunden. . .	6	220	Kontrolle . .	33	
Kontrolle . . .	3	**182**	VI 2 Stunden . .	21	
Ia 3 Stunden. . .	6	226	Kontrolle . . .	48	
Kontrolle . . .	3	**173**	IVa 2 Stunden . .	63	
VII 2 Stunden. . .	6	199	Kontrolle . . .	25	
Kontrolle . . .	6	**148**			
VI 3 Stunden. , .	6	205			
Kontrolle . . .	3	**220**			
Gemenge von Stim. .	9	241			
II 3 Stunden. . .	6	232			
Kontrolle . . .	3	**172**			

zellen miteinander wechselten, so zeigte das Feld vom 20. September bis Ende des Monats, abwechselnd schwarze, welke Streifen — die Kontrollen — und grüne, noch frisches Laub aufweisende Stimulationsparzellen. Einen Begriff von diesem bemerkenswerten Zustand gibt die beigegebene Photographie (Abb. 37). Merkwürdigerweise trat diese scharfe Abgrenzung nicht auf dem Felde mit Frühkartoffeln ein, sowie auch nicht auf dem Kartoffelfelde von Herrn Pleines (Niedergurig), das ebenfalls nach meinen Angaben stimuliert worden war (durchschnittlicher Mehrertrag von 12 %). Worauf dieses verschiedenartige Verhalten beruht, ob es im Zusammenhang steht mit der Düngung des Bodens bei den Versuchen mit Frühkartoffeln und mit den ebenfalls auf gedüngtem Boden angestellten Versuchen von Herrn Pleines, oder ob andere Momente mitgewirkt haben, ist vorläufig nicht zu entscheiden. Es ist anzunehmen, daß die Salze des Kunstdüngers eine stimulierende Wirkung auch auf die

Saaten der Kontrollparzellen ausgeübt haben und auf diese Weise die eigentliche Auswirkung der Stimulation verschleierten.

Der Ertrag wurde zwischen 1. und 3. Oktober ausgerechnet, und zwar so, daß von beiden Enden und von der Mitte jeder Parzelle je 50 Stauden der Reihe nach geerntet wurden. Die erhaltenen Ergebnisse sind in dem vorher angeführten Anbauplan wiedergegeben.

Auch bei diesem Versuch zeigten die Kontrollen durchschnittlich einen niedrigeren Ertrag als die stimulierten Parzellen und dieser Unterschied ist hier besonders auffallend, da jedesmal eine stimulierte Parzelle zwischen zwei Kontrollen lag.

Abb. 37.

Eine wichtige Beobachtung sowohl bei diesem, als auch bei dem Versuch mit Frühkartoffeln ist die, daß die stimulierten Parzellen einen größeren Ausfall beim Aufgehen zeigten als die Kontrollen. Diese Eigentümlichkeit ist aller Wahrscheinlichkeit nach damit zu erklären, daß die zufälligerweise verletzten Kartoffeln durch die Stimulation gelitten haben und nicht aufgegangen sind, — daraus auch die Schlußfolgerung, daß für die Stimulationsversuche mit Kartoffeln nur gut erhaltenes Saatgut zu verwenden ist.

Im Anschluß an die Feldversuche von 1923 wurde auch

Das Verhalten von Pflanzen aus stimuliertem Samen in der zweiten Generation

untersucht. Diese Frage ist von Wichtigkeit sowohl in theoretischer als auch in praktischer Hinsicht. Es galt durch Experimente festzu-

stellen, ob der Effekt der Stimulation auch in der zweiten Generation, d. h. in den aus stimulierten Pflanzen gewonnenen Samen erhalten bleibt und wie sich diese Samen zweiter Generation bei einer abermaligen Stimulierung verhalten würden.

Theoretisch wichtig war die Frage in bezug auf die Feststellung der Nachwirkung bestimmter in der ersten Generation ausgeübter Reize. Falls sich diese Nachwirkung herausstellen sollte, so würden sich daraus auch praktische Möglichkeiten in bezug auf die Steigerung der Stimulationseffekte nach einer abermaligen Stimulation eröffnen, welches dahin führen könnte, zu neuen, kräftigeren Sorten zu gelangen.

Von diesen Überlegungen ausgehend, habe ich schon im Jahre 1922 Samen von stimulierter Hirse und von stimuliertem Mais aufbewahrt, um ihre Wachstumsintensität in zweiter Generation nachzuprüfen. Die im Garten des landwirtschaftlichen Versuchsinstitutes zu Sofia nebst entsprechenden Kontrollen angepflanzten Samen (April 1923) zeigten in der Tat ein merklich kräftigeres Wachstum als die Kontrollen; diese Unterschiede waren nach einer abermaligen Stimulation (Stimulation in zweiter Generation) noch deutlicher ausgeprägt, doch konnten leider die Endresultate des Versuches nicht festgestellt werden, da kurz vor der Reife ein Hagelschlag die Anpflanzung vernichtet hatte.

Um die Vegetationsperiode des Jahres 1923 noch auszunützen, hat mein Assistent Dr. P a s p a l e f f Samen aus der ersten stimulierten Generation von einem Buchweizenversuch im Oktober und November 1923 im Gewächshaus in Töpfen angepflanzt, und zwar a) ohne Stimulation, b) mit vorheriger Stimulation und c) Kontrolle aus Normalsamen. Der Versuch wurde am 15. November nochmals wiederholt. Die Normalkontrollen standen im Wachstum hinter den Pflanzen, die aus Samen von stimulierten Pflanzen gezogen worden waren und diese letzteren hinter den Pflanzen, welche aus Samen von stimulierten Pflanzen gezogen und vor der Aussaat einer nochmaligen Stimulation unterworfen worden waren, zurück.

Um die Resultate dieser Versuche noch weiter zu stützen, haben wir sie im Frühjahr 1924 nochmals wiederholt, und zwar ebenfalls in Topfversuchen, die aber nicht mehr im Gewächshaus, sondern im Freien gehalten wurden.

Die Töpfe wurden mit vorher gut gemischter Erde (2 kg pro Topf) gefüllt und darin je 5 gleich große Samen von Polygonum rotundatum gepflanzt, und zwar 1. aus nicht stimulierten Pflanzen — Normalsamen — (Kontrolle), 2. aus stimulierten Pflanzen, II. Generation — ohne nachträgliche Stimulation, 3. aus nicht stimulierten Pflanzen (Normalsamen) nach Stimulation mit $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ — 8 Std. und 4. Samen aus stimulierten Pflanzen, die vor der Aussaat nochmals mit $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ — 8 Std. stimu-

liert wurden (Stimulation in II. Generation). Dieser Versuch wurde in Abständen von 15 Tagen dreimal wiederholt.

Schon in den ersten Wochen nach der Auskeimung zeigten die verschiedenen Versuchsgruppen dieselben Wachstumsunterschiede wie diejenigen der oben erwähnten Gewächshausversuche vom Oktober und November. Auch hier zeigte die Normalkontrolle die schwächste Wachstumsintensität, ihr folgte die Versuchsgruppe 2, dann 3 und mit der am intensivsten wachsenden Gruppe 4 schloß die Serie. Die an je drei Pflanzen dieses Versuches vorgenommenen Messungen der Höhe, Stengeldicke, der Zahl und Oberfläche der Blätter (Assimilationsoberfläche) ergaben folgende Resultate (Tabelle S. 279).

Aus der vergleichenden Betrachtung der Tabelle ist zu entnehmen, daß die mittlere Assimilationsoberfläche der Normalkontrolle

153,2 qcm ausmacht gegenüber der Assimilationsoberfläche von
340,4 qcm der Pflanzen, die aus stimulierten Samen gezogen waren,
358,9 qcm der in I. Generation stimulierten Pflanzen und
613,7 qcm der in II. Generation stimulierten Pflanzen.

Die größere Assimilationsoberfläche zeugt für eine entsprechend kräftigere Entwicklung der Gesamtpflanzen.

Ähnliche Resultate ergaben auch die anderen zwei parallel angelegten Versuchsserien.

Aus diesen Versuchen ist vorderhand zu entnehmen, 1. daß die Samen aus stimulierten Pflanzen eine merkliche Nachwirkung der Stimulation auch in der zweiten Generation aufweisen, sie keimen besser und bringen kräftigere Pflanzen als die Kontrolle hervor und 2., was noch besonders wichtig ist, diese in ihren Potenzen so veränderten Samen besitzen die Fähigkeit, nach Unterwerfen einer abermaligen Stimulation ihre Lebenspotenz noch weiter zu steigern. Diese letzte Konstatierung könnte von großer Bedeutung werden, denn sie eröffnet neue Perspektiven auf die Auswirkungsmöglichkeiten des Stimulationseffektes im Leben der Pflanzen. Wir werden dadurch imstande sein, im Laufe von einigen Generationen durch wiederholte Stimulationen zu neuen, kräftigeren Pflanzensorten zu gelangen, welche einen noch prägnanteren Unterschied zwischen Normalkontrolle und stimulierter Pflanze als dies bei der ersten Stimulation möglich ist, aufweisen werden.

Nach dieser Richtung hin würde das Stimulationsverfahren eine wertvolle Ergänzung zu den landwirtschaftlichen Selektionsmethoden werden können.

Eine besonders dankbare Aufgabe würde es sein, die Samenselektionsmethoden mit den Stimulationsverfahren zu verknüpfen und die Leistungsfähigkeit beider Methoden praktisch auszunützen.

Tabelle I.

Versuch	Pflanzen Nr.	Höhe in cm	Dicke in cm	Zahl der Verzweigungen	Zahl der Blätter: kleine	mittelgroße	große	im ganzen	Dimension der kleinen Blätter: Breite in cm	Länge in cm	Oberfläche in cm²	Gesamtoberfläche der kleinen Blätter	Dimension der mittelgroßen Blätter: Breite in cm	Länge in cm	Oberfläche in cm²	Gesamtoberfläche der mittelgroßen Blätter	Dimension der großen Blätter: Breite in cm	Länge in cm	Oberfläche in cm²	Gesamtoberfläche der großen Blätter	Mittlere Blattoberfläche	Gesamte Assimilationsoberfläche
Kontrolle aus nicht stimulierten Samen	1.	52	0,6	8	14	10	6	30	2,5	2,3	2,8	39,2	3,7	3,4	6,2	62,—	5,—	4,5	11,2	67,2	6,7	168,4
	2.	59	0,6	9	10	8	8	26	2,6	2,5	3,2	32,—	3,8	3,6	6,8	54,4	4,4	4,4	9,6	76,8	6,5	163,2
	3.	50	0,5	7	12	10	5	27	2,5	2,3	2,8	33,6	3,4	3,—	5,1	51,—	4,7	4,2	9,6	43,—	6,7	132,6
	Mittel:	53,7	0,57	8	12	9,3	6,3	27,6	2,5	2,4	2,9	34,9	3,6	3,3	6,—	55,8	4,7	4,3	10,1	62,3	6,6	**153,2**
Pflanzen aus Samen von stimulierten Pflanzen	1.	56	0,65	8	18	22	2	32	2,—	2,—	2,—	36,—	3,4	3,1	5,2	62,4	5	4	10,—	20,—	5,7	118,4
	2.	62	0,8	17 (8) *	25	20	19	64	2,—	2,—	2,—	50,—	3,9	3,7	7,2	144,—	6	5,2	15,6	296,4	8,2	490,4
	3.	63	0,7	14 (6)	19	16	18	53	2,6	2,4	3,1	58,9	4,—	3,5	7,—	112,—	5,5	5,9	13,4	241,2	7,8	412,4
	Mittel:	60,1	0,7	13	20,6	16	13	49,6	2,2	2,1	2,3	48,3	3,7	3,4	6,4	106,1	5,5	4,7	13,—	185,8	7,2	**340,4**
Pflanzen aus stimulierten Samen 8 Stunden $MgSO_4 + MnSO_4$	1.	60	0,7	15 (4)	12	15	10	37	2,8	2,7	3,7	44,4	3,5	3,2	5,6	84,0	5,6	5,—	14,—	140,—	7,7	268,4
	2.	73	0,9	20 (10)	22	20	24	66	2,8	2,6	3,6	79,2	4,3	3,9	8,3	166,—	6,4	5,4	16,2	388,—	9,3	633,2
	3.	55	0,6	15 (8)	14	13	11	38	3,—	2,6	3,9	54,6	4,2	3,8	7,9	101,7	4,7	4,6	10,8	118,8	7,5	275,1
	Mittel:	62,6	0,73	16,6	19,3	16	15	47	2,8	2,6	3,7	59,4	4,—	3,6	7,2	117,2	5,5	5,—	13,7	215,6	8,1	**358,9**
Pflanzen aus Samen von stimulierten Pflanzen nach abermaliger Stimulation 8 Stunden $MgSO_4 + MnSO_4$	1.	65	0,75	18 (9)	13	14	21	48	2,5	2,6	3,2	41,6	3,7	3,5	6,4	89,6	7	6,5	22,5	472,5	10,7	603,7
	2.	66	0,75	24 (10)	21	13	25	59	2,5	2,3	2,8	58,8	4,—	3,8	7,6	98,8	5,8	5,6	32,4	810,—	14,2	967,6
	3.	60	0,7	14 (3)	14	16	13	43	2,3	2,2	2,5	35,—	3,6	3,4	6,1	97,6	4,7	4,6	10,8	140,4	6,4	273
	Mittel:	63	0,73	18,6	16	14	19,6	50	2,4	2,3	2,8	45,1	3,7	3,5	6,7	95,5	5,8	5,5	21,9	474,3	10,4	**613,7**

Der Versuch ist angestellt am 25. III. 1924 — die Messungen sind ausgeführt am 5. VII. 1924.

* Die in Klammern gestellten Zahlen betreffen die Verzweigungen zweiter Generation.

Die Ergebnisse dieser Versuchsserie bestätigten vollauf die Resultate der Laboratoriums- und Feldversuche in Bulgarien aus den Jahren 1921—1923.

Die Feldstimulationsversuche wurden in einem noch größeren Maßstabe 1924—1925 fortgesetzt, und zwar größtenteils wieder in Deutschland, wie dies aus der nachfolgenden Zusammenstellung zu ersehen ist.

Bei den bisherigen Versuchen wurde so verfahren, daß die mit einem bestimmten Stimulans behandelten Samen für sich allein angebaut wurden, um auf diese Weise Aufschluß über die Wirkungsweise der verschiedenen Stimulationsmittel bzw. Stimulationsgemische zu erhalten. Es zeigte sich dabei, daß die verschiedenen Stimulationsmittel eine verschieden starke Stimulationsbeeinflussung hervorrufen. Außerdem zeigte sich, daß die verschiedenen Samensorten derselben Samenart verschieden günstig auf eine Stimulationsbehandlung, bei einer bestimmten Stundenzahl der Einwirkung, reagieren. Da nun das gewöhnliche, in der großen Praxis gebrauchte Saatgut keine reinen Linien darstellt, so wird das Saatgut in seinen verschiedenen Bestandteilen verschieden günstig stimuliert werden. In der Zeit, wo ein Teil der Samen optimal stimuliert wird, bleibt ein anderer Teil über oder unter der Optimalgrenze. Da nun die verschiedenen Stimulationsmittel verschieden auf eine Samenart einwirken, so stellte sich heraus, daß es für die Praxis von Nutzen ist, wenn bestimmte Mengen des Saatguts mit demselben Stimulans verschieden lang stimuliert werden und die so gewonnenen Partien vor der Aussaat zusammengemischt oder aber wenn das Saatgut in zwei oder mehrere Partien geteilt wird, jede Partie mit einem speziellen, bewährten Stimulationsmittel stimuliert wird und nach der Austrocknung des Saatgutes alle Partien zusammengemischt werden. Aus diesen Überlegungen heraus entstand das

Bi- bzw. Polistimulationsverfahren

im Gegensatz zu der Monostimulation. Die erste Anwendung des Bistimulationsverfahrens wurde mit sehr gutem Erfolge bei dem Feldversuch an Baumwolle im Jahre 1923 in Harmanli (S. 230) durchgeführt.

Eine Erklärung für die Wirkungsweise des Bi- bzw. Polistimulationsverfahrens gibt uns auch W. Gleisberg in seiner Arbeit „Neue Gesichtspunkte der Saatgutstimulierung“ (D. Landw. Presse 1924). Zu diesem Verfahren ist Gleisberg ebenfalls im Jahre 1923 gekommen. „Das stimulierte Saatgut ist in seinem Lebensgefüge verändert. Der ursprüngliche physiologische Zustand ist nicht mehr vorhanden und das stimulierte Saatgut erweckt gegenüber dem unbehandelten den Anschein einer Varietät, deren Reaktionen auf die Umwelt natürlich entsprechend dem veränderten Lebensgefüge ebenfalls verändert sind. Durch verschiedene Stimulationsbehandlungen getrennte Mengen desselben Ausgangssaatgutes werden also „Stimu-

lationslinien" — den „reinen Linien" der Pflanzenzüchtung entsprechend — geschaffen." „Mischt man verschieden vorbehandeltes Saatgut nach der Trocknung, dann entstehen „Stimulationspopulationen", die durch ihre größere Reaktionsbreite auch unter wechselnden Verhältnissen den Stimulationseffekt zu sichern vermögen." „Anbauversuche von Mischsaaten verschiedener Stimulationsprovenienz haben in Proskau 1923 zu so günstigen Ergebnissen geführt, daß in diesem Jahre (1924) die weitere experimentelle Prüfung der Frage zum Ausbau einer Methode in Laboratoriums- und Feldversuchen durchgeführt werden." (W. Gleisberg, D. Landw. Presse Nr. 48, November 1924.)

Durch dieses kombinierte Stimulationsverfahren wird das Saatgut in getrennten Partien der Einwirkung verschiedener Stimulationsmittel verschieden lange ausgesetzt. Auf diese Weise vereinigt man die Vorteile mehrerer Stimulationsmittel auf das anzubauende Saatgut. Dieses kombinierte Stimulationsverfahren ist bei der Durchführung großer Versuche empfehlenswert.

Durch das Bi- bzw. Polistimulationsverfahren wird die Anwendung der Samenstimulation nicht erschwert. Da bei großen Mengen Saatgut notwendigerweise in verschiedenen Gefäßen gleichzeitig stimuliert wird, so wird es als nicht beschwerlich empfunden, wenn in den verschiedenen Gefäßen verschiedene Stimulationslösungen zubereitet werden.

Aus dem vorhergehenden wird klar, daß nach der Bi- bzw. Polistimulation gesonderte Teile des anzubauenden Saatgutes verschieden stimuliert und dann nach beendeter Stimulation zusammengemischt werden; diese Bezeichnung bedeutet aber nicht, daß die Stimulierung ein und desselben Saatgutes in verschiedenen Phasen durchgeführt werden soll.

Feldstimulationsversuche von 1924—1925

Im nachstehenden gebe ich die Resultate der Versuche aus der Vegetationsperiode 1924—1925 wieder, und zwar so, wie sie von den Versuchsanstellern selbst ausgerechnet und beurteilt worden sind.

Statistik der Stimulationsversuche 1924—1925:

Anzahl der Versuche, die 1924/25 eingeleitet wurden:	Hiervon in		Eingegang. Versuchsbeobachtungen:	Positive Wirkung wurde beobachtet	%	Erntebe-richte eingegangen	Hiervon positiv	%	Aus dem Ausland eingegangene Versuchsberichte	Hiervon positiv	%
	Dtschl.	Ausl.									
1070	892	178	524	324	60,8	94	56	58,5	16	10	62,5

Wirkung der Stimulation bei den einzelnen Fruchtarten:

Von den eingegangenen Versuchsbeobachtungen zeigten positive Wirkungen:

Roggen	Weizen	Gerste	Hafer	Hülsenfrüchte	Rüben	Gemüse
52 %	56 %	53 %	45 %	44 %	46 %	71 %

Versuche mit Roggen:

Stimulationslösungen: VI — 3 Stunden; IVa — 4 Stunden Bistimulation.

1. Versuchsring Freystadt (N.-Schles.); Versuchsringleiter Dr. A. Klos. Der Versuch bei Graf Kalkreuth-Nieder-Siegesdorf durchgeführt. Winterroggen Orig. Petkuser. Gedüngt: Kalkstickstoff 30 Pfd., Kaliammonsalpeter 70 Pfd., Thomasmehl 100 Pfd., 30 %ig. Kali 100 Pfd. Jede Parzelle 300 qm. Bodenreaktion neutral. Stimuliert am 26. 9. 24. Ausgesät am 9. 10. 24, also 14 Tage nach der Stimulation. Zwei Wiederholungen. Besserer Auflauf der stimulierten Parzellen. Spätere Entwicklung gleichmäßig.

	Ertrag im Durchschnitt der zwei Wiederholungen	Ertrag pro 1/4 ha
Stimuliert	82,50	13,75
Unbehandelt	73,15	12,19

2. Versuchsring in Rotenburg (Hann.). Orig. Petkuser Sommerroggen. Gedüngt: 20 Ztr. 20%ig. Kali, 1 Ztr. Ammoniaksuperphosphat 5 × 10. Parzelle je 500 qm. Kein Kalkmangel im Boden. Stimuliert am 15. 4. 1925, ausgesät am 18. 4. 1925. Die stimulierte Parzelle stand weit besser während der ganzen Entwicklung.

		Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.
Stimuliert	134 Pfd. Körner	6,70
Unbehandelt	101 Pfd. Körner	5.05

3. Dr. Günther von Schmeling, Steutsch, Stat. Koppen. Versuchsansteller Dipl.-Landw. E. Hoffmann. Petkuser Winterroggen. Kalkmangel nicht vorhanden. Gedüngt: 1 Ztr. Kali 40 %, 0,75 Ztr. Thomasmehl 40 %, 1,10 Ztr. schw. Ammoniak 20,25 %. Parzellengröße 500 qm. Dreimal wiederholt. Stimuliert 29. 9. 1924, gebeizt 5. 10. 1924, ausgesät 14. 10. 1924. Die erste Auflaufdifferenz glich sich bald aus.

		Ertrag im Durchschnitt aller 3 Wiederholungen		Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.	
		Körner	Stroh	Körner	Stroh
1.	Unbehandelt	125,4	184,6	12,54	18,45
2.	Stimuliert	133,1	197,0	13,31	19,70
3.	Gebeizt	130,2	211,6	13,02	21,16
4.	Stimuliert und gebeizt	126,5	195,2	12,65	19,52
5.	Gebeizt und stimuliert	128,2	200,2	12,82	20,00

4. Hauptmann a. D. Scholtz, Neundorf (Schl.). Winterroggen. Boden teilweise sauer. Gedüngt: 1 Ztr. 40%ig. Kali, 1 Ztr. Thomasmehl, 0,25 Ztr. Kalkstickstoff, 0,60 Ztr. Leunasalpeter. Stimuliert 14. 10. 1924, ausgesät 16. 10. 1924. Parzellengröße 2500 qm. Die stimulierten Parzellen wuchsen zunächst sichtbar besser. Nach dem Schossen war ein Unterschied kaum noch festzustellen.

		Ertrag pro 1/4 ha in Ztr. Körner	Stroh
1.	Unbehandelt	9,65	13,95
2.	Stimuliert	10,61	17,55

5. E. Opitz, Schmantenitz (Rügen). Petkuser Roggen. Boden neutral. Gedüngt: 7,70 Ztr. Kalkstickstoff, 2 Ztr. Thomasmehl, 70 Pfund 40%ig. Kali, 30 Pfd. Leunasalpeter. Stimuliert 29. 9. 1924, ausgesät 30. 9. 1924. Parzellengröße 15 000 qm. Dunkelgrünes Aussehen und freudiges Wachstum der stimulierten Parzelle.

		Ertrag pro 1/4 ha in Ztr. Körner	Stroh
1.	Unbehandelt	14	30
2.	Stimuliert	18	—

6. G. Kohn, Friedland (Mecklb.-Strelitz). Roggen. Boden neutral. Gedüngt: 3 Ztr. Kainit, 2 Ztr. Thomasmehl, 1 Ztr. Leunasalpeter. Stimuliert 2. 10. 1924, ausgesät 3. 10. 1924. Parzellengröße 2500 qm. Zweimal wiederholt. Üppige Bestockung und starkes Wurzelnetz. Reifezeit der stimulierten Parzellen 8 Tage früher.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		Ertrag pro 1/4 ha	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt	550 kg	975 kg	600 kg	990 kg	11,5	19,6
Stimuliert und gebeizt	750 kg	1000 kg	720 kg	1025 kg	14,2	20,2

7. F. Harke, Sorgensen (Hann.). Petkuser Roggen. Gedüngt: Stalldung, ½ Ztr. 40%ig. Kali, 1 Ztr. 15%ig. Thomasmehl, 1 Ztr. 18%ig. Kalkstickstoff. Stimuliert 15. 10. 1924, ausgesät 16. 10. 1924. Stimulierte Parzellen fast ausgeglichen. Parzellengröße 1250 qm. Zweimal wiederholt.

	Ertrag im Durchschnitt der 2 Wiederholungen		Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt	312,5 kg	575,0 kg	12,50	23,00
Stimuliert	337,5 kg	637,5 kg	13,50	25,50

8. Gutsverwaltung Tschernowitz (Brand.). Admin. Callman. Kalkmangel im Boden, Reaktion schwach sauer. Gedüngt: 1 Ztr. Kali 40 %, 1 Ztr. Thomasmehl, 50 Pfd. Leunasalpeter. Stimuliert 9. 10. 1924, ausgesät 10. 10. 1924. Zweimal wiederholt.

	Parzellengröße			Ertrag pro 1/4 ha in Ztr. Körner	Stroh
1.	1548 qm	Stimuliert VI	Mit Leuna-Salpeter als Kopfdüngung	12,50	35
	1628 qm	Gebeizt Uspulun		10.17	30,77
	1872 qm	Stimuliert IVa und Uspulus-Beizung		8,67	24,85
2.	2016 qm	Stimuliert VI	Ohne Kopfdüngung	7,75	22,58
	2119 qm	Gebeizt Uspulun		6,74	22,82
	2232 qm	Stimuliert IVa und Uspulun-Beizung		7,31	22,05

9. Vereinigte Versuchsringe Rothenburg (Hann.). Waffensen. Orig. Petkuser Sommerroggen. Im Boden kein Kalkmangel, Reaktion neutral. Gedüngt: 2 Ztr. 20%ig. Kali, 1 Ztr. Ammoniaksuperphosphat 5 × 10. Stimuliert 15. 4. 1925, ausgesät 18. 4. 1925. Parzellengröße 500 qm. Triebkraft der stimulierten Pflanzen sehr gut; die stimulierte Parzelle weit besser während der ganzen Entwicklung.

	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.
Unbehandelt	5,05
Stimuliert	6,70

10. Versuchsring Demmin.

	Parzellenertrag Zentner	Ertrag, Morgen / Zentner	
Versuch I			
Gebeizt	5,59	7,35	Einzelkornentfernung 5,2 cm
Stimuliert	7,21	12,09	
Gebeizt	6,96	11,07	60 Pfd. gedrillt
Stimuliert	8,50	14,48	
Versuch II			
Unbehandelt	8,20	13,07	5,2 cm Einzelkorn
Gebeizt u. stimuliert	8,50	13,55	
Stimuliert u. gebeizt	8,15	13,00	
Stimuliert	8,40	13,34	
Gebeizt	8.10	12,91	
Versuch III			
Gebeizt	8,18	13,05	60 Pfd. gedrillt
Stimuliert	9,18	14,63	
Gebeizt	8,40	13,34	5,2 cm Einzelkorn
Stimuliert	9,80	15,62	

Versuch IV				
	Parzellenertrag Zentner	Ertrag, Morgen / Zentner		
Gebeizt	4,40	14,03	13,74	5,2 cm Einzelkorn
Gebeizt	4,22	13,45		
Stimuliert	4,68	14,67	15,19	
Stimuliert	4,93	15,72		
Gebeizt	5,10	16,23	15,95	60 Pfd. gedrillt
Gebeizt	4,92	15,68		
Stimuliert	5,38	17,15	16,80	
Stimuliert	5,24	16,45		

Versuche mit Hafer.

Stimulationslösungen: VI — 6 Stunden und II — 6 Stunden Bistimulation.

1. Martin Dukowski, Choszewen (Ostpreußen). Hafer (Strubes Schlanstedter). Boden kalkarm, Reaktion neutral. Keine Düngung. Stimuliert 4. 4. 1925, ausgesät 7. 4. 1925. Parzellengröße 2500 qm. Zweimal wiederholt. Die stimulierten Parzellen 4 Tage früher aufgegangen. Haben viel stärkere Keime und zeigen auch dunklere Farbe, sind von weitem zu unterscheiden.

	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	8,75	5,90
Stimuliert	14,45	9,99
Unbehandelt	9,10	6,20
Stimuliert	14,23	10,00

2. Höhere Lehranstalt für prakt. Landwirte, Königsberg i. M. Versuchsring. Versuchsleiter Reussler. Hafer Schwiebus. Boden normal, Reaktion neutral. Keine Düngung. Parzellengröße 12,5 qm. Vierfache Wiederholung. Ein besonderer Unterschied zwischen stimulierten und nichtstimulierten Parzellen war nicht deutlich sichtbar.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		III. Wiederholung		IV. Wiederholung		Ertrag im Durchschnitt aller Wiederholungen	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt	3,1	6,2	3,15	6,45	3,05	4,9	2,9	5,4	3,05	5,76
Stimuliert	3,4	4,6	3,55	5,05	3,45	5,05	3,55	4,92	3,55	4,92

3. Versuchsring Gerswalde (U.-M.). Petkuser Gelbhafer. Bodenreaktion neutral. Düngung 120 Pfd. Ammonsulfat. Parzellengröße 12,5 qm. Stimulierte Parzellen etwas kräftiger.

	I. Wiederholung Körner	II. Wiederholung Körner	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner
Unbehandelt	8,6	8,5	17,50
Stimuliert	9	9,0	19,30

4. Landw. Schule Schlochau (Grenzmark). Gelbhafer Schwiebus. Kalkmangel kaum vorhanden. Reaktion neutral. Düngung: 40 Pfd. schw. Ammoniak, 1 Ztr. Thomasmehl, 1 Ztr. 40%ig. Kali. Auflauf gut. Wesentliche Unterschiede zwischen stimulierte und unbehandelte Parzellen konnten in der weiteren Entwicklung nicht festgestellt werden. Parzellengröße 100 qm. Zwei Wiederholungen.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		Ertrag im Durchschnitt		Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt . .	18,5	24,5	22,25	25,0	20,35	24,75	10,19	12,38
Stimuliert	24,5	26,5	26,5	31,5	25,5	29,0	12,15	14,50

5. Rittergut Rehden, Gronau (Hann.). Lochows Gelbhafer. Kalkmangel, Reaktion neutral. Gedüngt: 0,5 Ztr. Kalkstickstoff, 0,25 Ztr. Natr.-Salpeter, 0,60 Ztr. Thomasmehl. Besserer Auflauf der stimulierten Saat. Deutlicher Unterschied nach Schossen zwischen stimuliert und unbehandelt zugunsten der Stimulation.

		Ertrag pro 1/4 ha in Zentner	
Unbehandelt	0,17 Zentner	Unbehandelt	21,24 Ztr.
Stimuliert	0,21 „		
Unbehandelt	0,16 „	Stimuliert	25,75 Ztr.
Stimuliert	0,19 „		

6. Versuchsring der Oberschlesischen Landgesellschaft, Oppeln. Domäne Kl.-Wilkowitz. Dipl.-Agr. Buchmann. Lochows Gelbhafer. Kalkgehalt sehr gering, Reaktion des Bodens schwach sauer. Gedüngt: 1½ Ztr. schw. Ammoniak, 1½ Ztr. Superphosphat, 1½ Ztr. Kalisalz 40 %. Vierfache Wiederholung. Die Aussaat ca. 1 Monat nach der Stimulation. Beim Aufgang und in der ersten Entwicklung waren keine Unterschiede bemerkbar. Erst kurz vor dem Schossen, namentlich wegen der Regenfälle, begann ein merklich stärkeres Wachstum der stimulierten Parzellen. Parzellengröße 25 qm.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		III. Wiederholung		IV. Wiederholung	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt . .	5,0	13,5	9,0	13,0	7,5	16,0	7,0	10,87
Stimuliert	5,8	17,4	10,0	14,3	8,5	19,2	7,2	12,77

	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner		
	Körner	Stroh	
Unbehandelt	14,25	26,6	Wassergehalt 17,5 %
	11,40	21,33	Umgerechnet auf 14 %
Stimuliert	15,75	31,8	Wassergehalt 16 %
	13,78	27,82	Umgerechnet auf 14 %

7. J. Kahlert II, Gellendorf (Schl.). Lochows Gelbhafer. Kein Kalkmangel. Gedüngt: ½ Ztr. Stickstoff, 1 Ztr. Kalisalz, 1 Ztr. Superphosphat. Die Aussaat ca. 1 Monat nach der Stimulation. Die anfängliche Unterlegenheit des stimulierten Hafers verwischte sich täglich immer mehr.

	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr.	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	8,90	8,25
Stimuliert	10,50	9

8. Versuchsringleiter Dr. Walter Füssel, Röbel (Mecklenburg). Lochows Gelbhafer. Kein Kalkmangel, Reaktion fast neutral. Gedüngt: 80 Pfd. schw. Ammoniak, 75 Pfd. Kali-Ammonsalz, 75 Pfd. Superphosphat. Aussaat ca. 1 Monat nach der Stimulation. Parzellengröße 9 qm. Vierfache Wiederholung. Schoßbeginn beider Parzellen (stim. und unbehand.) gleichmäßig am 27. 6. Am 20. 6. waren die stimulierten Parzellen im Wachstum voraus. Höhe am Tage des Schnittes unbehandelt 105 cm, stimuliert 110 cm.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		III. Wiederholung		IV. Wiederholung	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt . .	2,5	4,2	2,35	3,85	2,50	4,0	2,40	3,80
Stimuliert . . .	3,2	4,3	2,70	3,80	2,80	3,9	2,70	3,40

(Eine Geilstelle d. Pferdedünger

	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr.	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	13,54	22
Stimuliert	15,84	20,14

9. A. Lühre, Haxtum (Hann.). Kalkmangel. Gedüngt: 2 Ztr. Kali 40 %, 4 Ztr. Thomasmehl 18 %. Parzellengröße 100 qm. In der Entwicklung waren keine Unterschiede festzustellen.

	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr.	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	17	$30^1/_2$
Stimuliert	$21^1/_2$	$33^1/_2$

10. A. Köhler, Dumbach (Baden). Parzellengröße 1700 qm. Anfangs war die stimulierte Parzelle bedeutend besser, der Unterschied verschwand später. Bei einsetzendem Regen vor dem Schossen wurde der Unterschied wieder merklich größer. Die stimulierte Parzelle war bedeutend besser ausgewachsen und zeigte auch weniger

Unkraut, was auf den besseren Auflauf zurückzuführen ist. Das Stroh war bedeutend länger. Die Qualität der Körner war auch eine bessere. Die Körner waren schwerer.

	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	7,6	9,5
Stimuliert	9,25	11,7

Versuche mit Weizen

Stimulationslösungen: VI — 3 Stunden, und II — 4 Stunden, Bistimulation.

1. Versuchs- und Lehrgut der Bad. Landw.-Kammer. Versuchsansteller N. Raab, Blankenhornsberg. Winterweizen. Bodenreaktion neutral bis leicht sauer. Gedüngt: 50 kg Kalkstickstoff, 75 kg Superphosphat, 150 kg 24%ig. Kali, 20 kg Natronsalpeter auf Kopf. Stimuliert 3. 11. 1924, ausgesät 4. 11. 1924. Parzellengröße 2500 qm.

Stimuliert: Geht 2 Tage früher auf als unbehandelt, Aufgang sehr gleichmäßig.

Unbehandelt: Aufgang lückig, ungleichmäßig, teils gelb.

Stimuliert: Entwickelt viel büschelförmige Wurzeln und überwintert gut.

Unbehandelt: Hat nur 4—5 dünne fadenförmige Wurzeln.

Stimuliert: Üppig, schwarzgrün, gleichmäßig.

Unbehandelt: Ungleichmäßig, gelbe Flecken, Kopfdüngung bekommen.

Stimuliert: Wächst weiter und ist erheblich höher als unbehandelt, dies letztere schon mit Ährenentwicklung.

Unbehandelt: Nahezu reif.

Stimuliert: Noch grün, 30—35 cm höher als unbehandelt.

„Da unser Betrieb von vielen landwirtschaftlichen Vereinen besucht wird, so fiel allgemein der Stimulationsversuch auf. Es gingen sogar Saatgutbestellungen ein, welche ausdrücklich nur von den stimulierten Parzellen gewünscht wurden."

	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner	
	Körner	Stroh
Gebeizt mit Tillantin	18,32	37,0
Tillantin + Stimulation	21,10	43,5
Gebeizt mit Uspulun	18,0	37,0
Uspulun + Stimulation	21,90	39

2. A. Schlüter, Immensen (Hann.). Swalöfs Panzerweizen. Gedüngt: 1 Ztr. Kalkstickstoff p. 25 ar. Stimuliert am 16. 11. 1924, ausgesät am 26. 11. 1924. Parzellengröße 30 qm. Geerntet unter Aufsicht des Assistenten.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		Ertrag im Durchschnitt	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt . . .	7,50	10,50	8,50	11,50	8,00	11,00
Stimuliert	12,00	15,25	12,00	17,50	12,00	16,37
Gebeizt	10,25	13,50	11,50	15,00	10,87	14,25
Stimuliert und gebeizt	11,25	13,25	12,00	17,00	11,62	15,12
Gebeizt und stimuliert	10,75	17,00	10,50	12,00	10,62	14,50

	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Zentner	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	13,33	18,33
Stimuliert	19,99	27,27
Gebeizt	18,11	23,75
Stimuliert und gebeizt	19,36	25,18
Gebeizt und stimuliert	17,69	24,16

3. Dipl.-Landw. Rieckmann, Sehnde (Hann.). Swalöfs Panzerweizen. Gedüngt: 1 Ztr. 40%ig. Kali, 1 Ztr. 15%ig. Thomasmehl, 1 Ztr. 18%ig. Kalkstickstoff. Stimuliert am 5. 11. 1924, ausgesät am 7. 11. 1924. Geerntet unter Aufsicht des Assistenten der Beratungsstelle. Parzellengröße 25 qm.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		Durchschnittsertrag		Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr.	
	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh
Unbehandelt . .	8,50	10,50	8,25	11,00	8,37	10,75	16,74	21,50
Stimuliert . . .	9,25	12,25	9,50	12,00	9,38	12,18	18,76	24,36
Gebeizt	8,75	9,50	8,50	10,00	8,62	9,75	17,24	19,50
Stim. u. gebeizt	9,00	10,50	9,12	11,50	9,06	11,00	18,12	22,00
Geb. u. stimul. .	9,25	11,25	9,00	10,00	9,12	10,62	18,24	21,24

4. Fr. Heinze, Oberlommatsch (Sachsen). Panzerweizen und Dietzes Dickkopf. Kein Kalkmangel, aber auch nicht viel. Gedüngt: Herbst 1 Ztr. 40%ig. Kali und 1 Ztr. Thomasmehl; Frühjahr 1 Ztr. schw. Ammoniak, 1 Ztr. 40%ig. Kali, ½ Ztr. Ammonsalpeter. Gebeizt 6. 10. 1924. Stimuliert am 11. 10. 1924, ausgesät am 12. 10. 1924.

Stimuliert: 2 Tage eher als gebeizt aufgelaufen, gebeizt 1 Tag eher als ungebeizt und ohne Stimulation; stimulierte Parzellen immer frisch grün; stimuliert besser bestockt. Die stimulierten Parzellen sahen gleichmäßiger, wie verschnitten, aus, waren etwas länger im Halm. Stimulierter Panzerweizen lagerte nicht, bloß unbehandelter Panzerweizen lagerte. Stimulierter Weizen scheint besser zu überwintern. Dietzes Dickkopf lagerte auch unbehandelt nicht. Parzellengröße 416,5 qm. Jede Parzelle zur Hälfte mit Panzerweizen und zur Hälfte mit Dietzes Dickkopf. Geerntet und gedroschen beide Sorten zusammen. Die entsprechenden Parzellen der drei Wiederholungen zusammen geerntet und gedroschen.

		Parzellen	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr. Körner	Stroh
1.	Unbehandelt			
2.	Stimuliert	1 + 5 + 9	21,14	15,24
3.	Gebeizt	2 + 6 + 10	22,44	15,42
4.	Stimuliert und gebeizt . . .	3 + 7 + 11	21,72	15,30
5.	Unbehandelt	4 + 8 + 12	21,82	16,22
6.	Stimuliert			
7.	Gebeizt			
8	Stimuliert und gebeizt			
9.	Unbehandelt			
10.	Stimuliert			
11.	Gebeizt			
12.	Stimuliert und gebeizt			

5. J. Watermeyer, Güntherscheid (Rheinland). Kalkmangel im Untergrund, Bodenreaktion schwach sauer. Parzellengröße 600 qm.

	I. Wiederholung Körner	II. Wiederholung Körner	Ertrag im Durchschnitt Körner	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner
Ohne Düngung nicht stimuliert	3,10 Ztr.	3 Ztr.	3,05 Ztr.	12,75
Mit Düngung nicht stimuliert	3,70 „	3,80 „	3,75 „	15,60
Mit Düngung stimuliert	3,82 „	3,95 „	3,88½ „	16,19

6. Staatsgut Neuhof (Bayern). Langs Kronen-Winterweizen. Kalkmangel nicht vorhanden. Gedüngt: 55 kg Kalkstickstoff, 75 kg Thomasmehl, 35 kg Kalisalz 40%ig. Kopfdüngung: 75 Pfd. Kalkstickstoff.

Am 10. 10. 24 gewaschen, am 12. 10. 24 gebeizt mit Uspulun und am 3. 11. 24 stimuliert. Parzellengröße 2500 qm. Die Stimulation zeigte sich in der gleichen Ausbildung der ganzen Pflanzen. Die Versuchsdurchführung wurde mit größter Sorgfalt geleitet.

	I. Wiederholung Körner	Stroh	II. Wiederholung Körner	Stroh	Ertrag im Durchschnitt Körner	Stroh	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr. Körner	Stroh
Gebeizt	510	940	670	980	590	975	11,80	19,14
Stimuliert . . .	600	975	680	1005	640	990	12,80	19,80

7. Fr. Schneider, Roßfeld (Kreis Coburg). Parzellengröße 182 qm. Während der Vegetationsperiode konnten keine deutlich ins Auge fallende Unterschiede beobachtet werden. Die Ähren der stimulierten Parzellen waren gleichmäßig lang und voll entwickelt, wogegen die unbehandelten unregelmäßig und zum Teil kurz waren.

	I. Wiederholung Körner	Stroh	II. Wiederholung Körner	Stroh	Ertrag im Durchschnitt Körner	Stroh	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr. Körner	Stroh
	Zentner	Zentner	Zentner	Zentner	Zentner	Zentner		
Unbehandelt . .	0,66	1,45	0,65	1,40	0,655	1,425	9	13
Stimuliert . . .	0,82	1,50	0,835	1,50	0,827	1,50	11,30	20,6

8. J. Hagmann, Gantherhof (Wttbg.). Der Unterschied zwischen stimuliertem und gebeiztem Weizen konnte immer beobachtet werden. Der stimulierte Weizen schoß früher in die Ähre, bis zur Ernte konnte ein Unterschied beobachtet werden. Parzellengröße 5 Morgen.

	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner	
	Körner	Stroh
Unbehandelt	10,75	21,50
Stimuliert	13,50	27,00

9. Gut Berger, Eisighof (Wttbg.). Winterweizen. Parzellengröße 100 qm.

	kg	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner
Unbehandelt	21,50	10,50
Stimuliert	26	13
Unbehandelt	21,50	10,50
Stimuliert	24	12

10. Eine große Anpflanzung der Waagthaler Zuckerfabrik Turna bei Trencin (Tschechoslowakei). Winterweizen Dioseger. Kein Kalkmangel, Bodenreaktion neutral. Keine Kunstdüngung. Stimuliert 30. 10. 24, ausgesät 31. 10. 24. Durch die Stimulation eine raschere Entwicklung der Pflanzen, was bei der Ährenbildung im Schossen deutlich bemerkbar war. Anbaufläche 3 Hektar und 5659 qm, davon 2 Hektar und 7027 qm Kontrolle mit Germisan gebeizt und 8632 qm stimuliert.

	Ertrag pro Hektar in kg
Unbehandelt	2643
Stimuliert	3591

Versuche mit Kartoffeln

Stimulationslösungen: VI — 2 Stunden, und III — 3 Stunden, Bistimulation.

1. H. Beutner, Meinersen (Hann.). Industriekartoffeln. Gedüngt: Stallmist, 4 Ztr. Kainit, 2 Ztr. Thomasmehl, 1,2 schw. Ammoniak. Stimuliert 23. 4. 25, ausgesät 23. 4. 25. Bei der Ernte am 4. 10. 25 war das Kraut der stimulierten Parzellen noch nicht völlig abgestorben, dagegen war das Kraut der Kontrollen (unbehandelt) ganz trocken. Parzellengröße 5 qm.

	I. Wiederholung	II. Wiederholung	III. Wiederholung	Ertrag im Durchschnitt	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner
Unbehandelt .	19	16	22	19	180
Stimuliert . .	25,5	22,5	27	25	250

2. C. Möller, Pommern. Die Bestockung der stimulierten Parzellen schien etwas größer und die Färbung der Blätter etwas dunkler als bei den unbehandelten Parzellen zu sein. Parzellengröße 250 qm.

	I. Wiederholung	II. Wiederholung	Ertrag im Durchschnitt	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner
Unbehandelt . . .	8,70 Zentner	10,35 Zentner	9,53 Zentner	95,3 Zentner
Stimuliert	10,2 „	11,0 „	10,6 „	106 „

Versuche mit Rüben

Stimulationslösungen: I — 3 Stunden, IVa — 4 Stunden, Bistimulation.

1. v. Sauermasches Wirtschaftsamt, Dom. Karisch (Schlesien). Kleinwanzlebener Zuckerrübensamen. Kalkmangel, Bodenreaktion neutral. Gedüngt: ½ Ztr. Leunasalpeter, 1,50 Ztr. Kalkstickstoff, 2 Ztr. Superphosphat, 1 Ztr. Kali 40%ig. Stimuliert am 6. 4. 25, ausgesät am 15. 4. 25. Im September erschien die stimulierte Parzelle noch grüner im Kraut als die nichtstimulierte Parzelle. Ungleichheiten im Stande der Zuckerrüben, die auf Bodenungleichheiten zurückzuführen sind, waren nur geringe. Der Zuckergehalt schwankte zwischen 16—18% — bei den Kontrollen und bei den stimulierten Parzellen. Die zwei stimulierten Parzellen je 9675 qm groß — der Rest des Planes von 20¼ Morgen diente als Kontrolle (unbehandelt).

	I. Wiederholung	II. Wiederholung	Ertrag pro 1/4 ha in Ztr.
Unbehandelt			135,94 Zentner
Stimuliert	38 695 kg	40 695 kg	204,80 „

2. Gutsverwaltung Brenneckenbrück (Hann.). Runkelrüben — Gelbe Eckendorfer. Kein Kalkmangel. Die stimulierten Parzellen schneller gekeimt und bei der späteren Entwickelung grüner in der Farbe. Parzellengröße je 5 qm. 4fache Wiederholung.

	I. Wiederholung	II. Wiederholung	III. Wiederholung	IV. Wiederholung	Ertrag im Durchschnitt	Ertrag pro 1/4 ha in Zentner
Unbehandelt.	69	75	76	83	75,75	757,5
Stimuliert . .	91	95	113	108	101,75	1017,5

3. Ähnliche Zahlenverhältnisse zeigte auch ein Versuch mit „Rote Eckendorfer“:

		Mittlerer Fehler
Unbehandelt	656,60 Dztr. pro Hektar	3,8 %
Stimuliert	1014,20 Dztr. pro Hektar	4,4 %

Doch meint der Ansteller: „Durch die Behandlung wurde die Keimenergie so stark gereizt, daß die Anfangsentwicklung der stimulierten Parzellen die unbehandelte Saat bei weitem überflügelte. Die in diesem Jahr besonders scharf auftretenden Rübenschädlinge konnten somit den behandelten Rüben nicht so viel schaden wie den unbehandelten. Aus genannten Gründen können die mitgeteilten Zahlen nicht als allgemein gültig betrachtet werden." Meiner Meinung nach spricht dies nicht gegen den Versuch, denn die Widerstandskraft der stimulierten Pflanzen ist eben größer gewesen und die Schädlinge konnten ihnen nicht so sehr schaden.

4. Fr. Koschmann, Burg Dorf (Spreewald). Runkelrüben — Eckendorfer rote Riesenwalze. Boden kalkarm, Reaktion neutral. Gedüngt: 80 Ztr. Stalldung, 6 Ztr. Kainit, 2¼ Ztr. Thomasmehl, 1 Ztr. Ammonsulfatsalpeter. Stimuliert am 28. April, ausgesät am 5. Mai. Parzellengröße je 2500 qm. Die stimulierten Rüben sind gleichmäßiger aufgelaufen als die unstimulierten, auch ihre Triebkraft war wesentlich größer. Die stimulierten Rüben standen grüner in Farbe als die unstimulierten.

	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr.
Unbehandelt	420
Stimuliert	500

5. Hess. Landwirtschaftsamt, Darmstadt. Zuckerrüben. Der Auflauf war gut, die Triebkraft stärker als nicht stimuliert. Die stimulierten Pflanzen zeigten bis zur Mitte der Vegetation größeres Kraut als die nichtstimulierten. Parzellengröße je 100 qm. 3fache Wiederholung.

	I. Wiederholung	II. Wiederholung	III. Wiederholung	Mittlerer Ertrag	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Zentner
Unbehandelt.	509 kg	527 kg	602 kg	546,0 kg	270
Stimuliert . .	596 „	655 „	670 „	640,3 „	326

6. Verein für chemische und metallurgische Produktion, Aussig (Böhmen). Versuchsdurchführung in Falkenau a. d. Eger von Dr. Kupka und Eugen Kraus. Zuckerrüben. Stimuliert ca. 1 Monat vor der Aussaat am 16. 5. 1925. Kalkbedarf; Bodenreaktion schwach sauer. Nährstoffarmer Boden. Stalldünger. Parzellengröße 50 qm. 4fache Wiederholung.

	I. Wiederholung		II. Wiederholung		III. Wiederholung		IV. Wiederholung		Ertrag im Durchschnitt		Ertrag pro $^1/_4$ ha in Zentner	
	Rüben	Blätter	Rüben	Blätter	Rüben	Blätter	Rüben	Blätter	Rüben	Blätter	Rüben	Blätter
Unbehandelt	85	63	97,5	62,5	102,5	69,5	107	69	98	66	49	33
Stimuliert. .	122,5	80	106	71	121,5	76,5	101	77	112,8	76,1	56,4	38

Die errechnete Durchschnittsdifferenz zwischen den unbehandelten und stimulierten Parzellen ergibt 7,5 kg zugunsten „stimuliert", so daß man auf einen tatsächlichen, außerhalb der wahrscheinlichen Schwankungen und Fehlerquellen liegenden Ertrag schließen kann. Die Analyse des Zuckergehaltes ließ ebenfalls einen höheren Zuckergehalt bei den stimulierten Rüben erkennen: unbehandelt 17,8 %, stimuliert 18,8 %.

7. v. Sauermasches Wirtschaftsamt, Dom. Karisch (Schlesien). Zuckerrüben, Stecklinge — Kleinwanzlebener Samen. Schwacher Kalkgehalt. Bodenreaktion neutral. Gedüngt (pro Morgen): 150 Ztr. Superphosphat, 150 Ztr. schw. Ammoniak, 1 Ztr. Kali. Stimuliert am 23. 3. 25, ausgesät am 31. 3. 25.

Parzelle I, nicht stimuliert, wurde am 23. 3. gepflanzt,
„ II, stimuliert mit II, „ „ 31. 3. „
„ III, „ „ IVa, „ „ 31. 3. „

Parzelle II und III hatte nach ca. 4 Wochen Parzelle I im Wachstum eingeholt. II setzte reichlich Wurzeln an. III erschien in der Blätterfarbe etwas dunkelgrau als Parzelle I. Parzelle I und III reiften zur gleichen Zeit. Um genaues Ernteergebnis festzustellen, wurde der Samen abgerüffelt. Parzelle I ruffelte sich normal, Parzelle III sehr leicht, bei Parzelle II saß der Samen sehr fest, viele kleine Körner blieben am Stroh festsitzen.

	Körner	pro Quadratrute	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr. Körner
Unbehandelt: 766,8 qm = 54 Quadratruten	2,43 Ztr.	4,5 Pfund	7,92
Stimuliert mit II: 766,8 qm = 54 Quadratruten	2,97 „	5,5 „	9,70
Stimuliert mit IVa: 837,8 qm = 59 Quadratruten	4,13 „	7 „	12,32

Versuche mit Bohnen

Stimulationslösungen: II — 10 Minuten, und IVa — 15 Minuten.

1. Otto Boeder, Lomnitz (Schl.). Bohnen. Boden lehmiger Kies, Kalkmangel im Untergrund, Reaktion neutral. Gedüngt: 1 Ztr. Thomasmehl, 1 Ztr. Kainit, ½ Ztr. Kalkstickstoff. Angebaut 5 Tage nach der Stimulation. Der Aufgang der stimulierten Bohnen war einige Tage früher gegenüber den unbehandelten; die stimulierten Bohnen sahen kräftig und frisch aus, und dieser Zustand blieb bis zur Ernte.

	Ertrag pro $^1/_4$ ha in Ztr.
Unbehandelt	12,32
Stimuliert	18,00

Versuche mit Spinat

Stimulationslösungen: II — 5 Stunden, und IVa — 5 Stunden.

1. Fr. Helbig, Gahlenz i. Sa. Spinat. Humoser Gartenboden. Kein Kalkmangel, Reaktion neutral. Gedüngt: 2 Ztr. Thomasmehl, 1 Ztr. Kali 40%ig., ½ Ztr. Leunasalpeter. Stimuliert am 20. Juni, ausgesät am 22. Juni. Die stimulierten Pflanzen hatten die längsten Wurzeln, ihnen folgten die wasserbehandelten und dann die unbehandelten. Da die stimulierte Parzelle bedeutenden Vorsprung hatte, wurde sie 8 Tage früher geerntet. Parzellengröße 1 qm.

Unbehandelt	800 g
Wasserbehandelt	1500 g
Stimuliert	1700 g

Versuche mit Gurken

Stimulationslösungen: IVa — 5 Stunden, und VII — 5 Stunden.

1. K. Hentschel, Dom. Klemzig (Neumark). Amerik. mittellange Uniongurke. Humoser, etwas lehmiger Boden, vor 2 Jahren Kalkdüngung, Reaktion neutral. Gedüngt: 400 Ztr. verrotteten Stallmist, 1 Ztr. 40%ig. Kali. Stimuliert am 8. 5. 25, ausgesät am 10. 5. 25. Parzellengröße 25 qm (21 m lang, 1,20 m breit). 5fache Wiederholung. Die stimulierten Parzellen zeigen stärkere Bestockung und Wurzelbildung und auch größere Blätter. Der Ertrag der Wiederholungsparzellen ist zusammen geerntet und gewogen worden.

Unbehandelt — 708 Ztr. pro ¼ ha,
Stimuliert — 1375 Ztr. pro ¼ ha.

Versuche mit Zwiebeln

Stimulationslösungen: II — ½ Stunde, und IVa — 1 Stunde.

1. Versuchsring Teltow-Süd, E. Behrend, Rangsdorf (Brandenb.). Humoser Lehmboden, kein Kalkmangel, Stalldung. Stimuliert am 1. 4. 25, ausgesät am 5. 4. 25. Die stimulierten Zwiebeln sahen von Anfang an bis zum Schluß weit gesünder aus als die nichtstimulierten. Parzellengröße 36 qm.

Unbehandelt	535 Pfd.
Stimuliert	665 Pfd.

Versuche mit Grasarten

Wie ich schon ausgeführt habe, waren meine ersten Stimulationsversuche im Frühjahr und Sommer 1914 mit Grassamen. Diese Versuche wurden dann von mir verschiedentlich variiert und wiederholt. Hier gebe ich einen Versuch mit Grassamen wieder, ausgeführt in:

1. Rittergut Liebenzig (Niederschlesien) vom Saatzuchtinspektor M. Pohl im Sommer 1925. Boden Moor, gut zersetzt. Aussaat am 2. 6. 25, geerntet am 19. 9. 25.

Stimulationslösungen: II und VI. Monostimulation.

	Dauer	Ertrag je Morgen Grünmasse
Stimulans II	3 Stunden	134,75 Ztr.
VI	3 „	128,62 „
II	2 „	116,34 „
VI	2 „	110,25 „
II	1 „	98,00 „
VI	1 „	85,75 „
II	4 „	79,62 „
VI	4 „	73,50 „
Warmwasserbehandlung		79,00 „
Unbehandelt		80,00 „

Dieser Versuch zeigt das allmähliche Anschwellen der Stimulationswirkung, von der 1stündigen Behandlungsdauer anfangend und herauf bis zu 3stündiger Behandlungsdauer, wo sie ihr Optimum erreicht — gleich darauf, bei der 4stündigen Behandlungsdauer, tritt die Überstimulationsphase ein und die Erträge fallen unter diejenigen der Kontrolle.

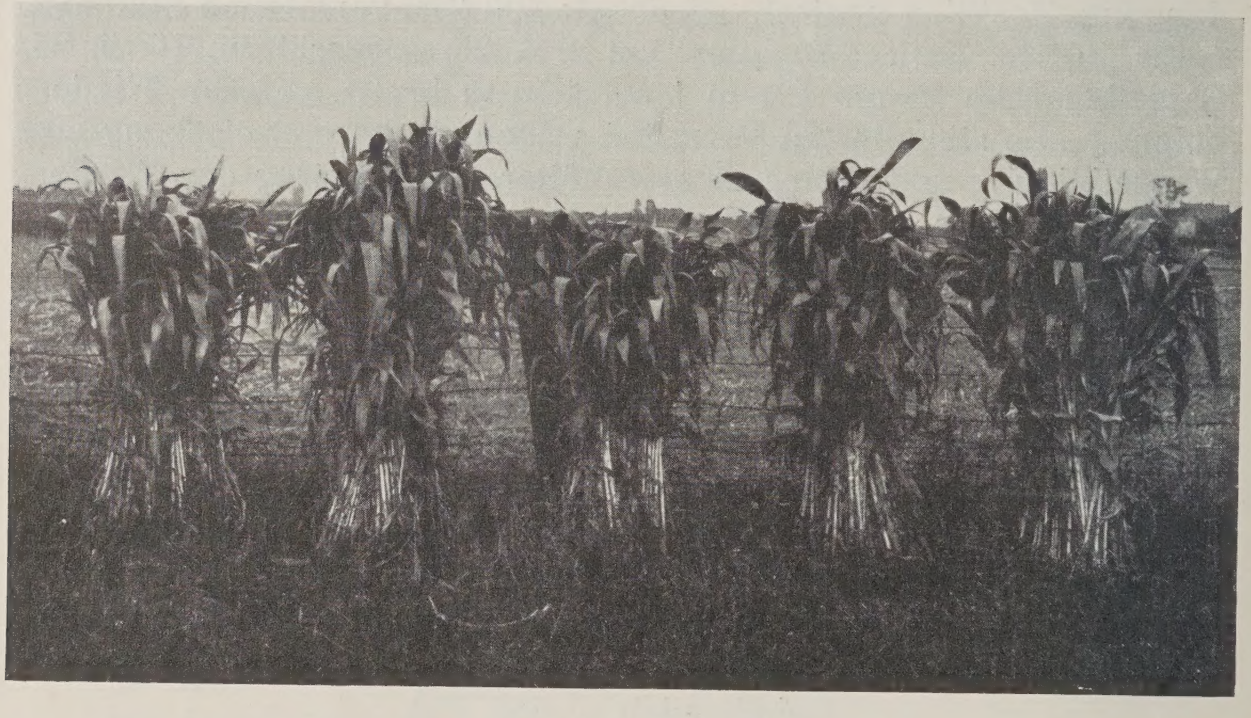


Abb. 38.

In den Jahren 1924—1925 wurden auch von mir in Antonienhof (bei Berlin) eine große Zahl von Stimulationsversuchen angelegt. Viele von diesen Versuchen habe ich besprochen. Hier will ich nur die photographische Aufnahme von einem kleinen Gartenversuch mit Mais wiedergeben, der auf 5 je 2 qm großen Parzellen, bei 2facher Wiederholung, angelegt wurde. Es wurde grün geerntet. Stimuliert wurde mit $MgBr_2$ 15 ‰ 4 Stunden, und mit den Lösungen II, IVa, VI. Man sieht deutlich den Unterschied zwischen Kontrolle (in der Mitte) und den vier verschieden günstig stimulierten Parzellen (Abb. 38).

Hier füge ich auch die Aufnahme eines Topfmaisversuches ein. Der Hersteller (Radeff) hatte die mit $MgCl_2$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ stimulierten sowie die unbehandelten Samen von Anfang an in ein und demselben Topf gezüchtet. Die Wachstumsunterschiede sind augenfällig (Abb. 39).

Günstige Resultate ergab in Antonienhof auch ein Hanfversuch. Stimulation mit MgBr 15 ‰ — 6 Stunden und KBr 3 ‰ — 5 Stunden.

Abb. 39

Trockenstimulation

Wie aus den vorstehend angegebenen Versuchen zu entnehmen ist, führen die Zellstimulationsmittel, auf die Pflanzensamen direkt angewandt, zu einer Beschleunigung der Keimungsprozesse und zur Ausbildung von größeren und kräftigeren Pflanzen. Durch die Samenstimulationsmethoden sind wir imstande, durch einen funktionsfördernden Eingriff in das pflanzliche Leben zu einer Ernteteigerung der wirtschaftlich wichtigen Pflanzen zu gelangen.

Für das Zustandekommen einer positiven Samenstimulation ist es notwendig, wie oft hervorgehoben, durch eingehende Versuche

sowohl die Konzentration der zur Anwendung kommenden Stimulationslösung als auch die Zeitdauer ihrer Einwirkung optimal für die betreffende Samenart einzustellen. Bei der praktischen Anwendung des Tauchstimulationsverfahrens erwies es sich als notwendig, das stimulierte Saatgut vor dem Aussäen zu trocknen, um es wieder handlicher zu machen. Die Durchführung dieser Maßnahme konnte ohne Schaden geschehen, da, wie aus den hier angeführten Versuchen und aus den diesbezüglichen Arbeiten Gleisbergs zu entnehmen ist, die Stimulationsnachwirkung, bei geeigneter Aufbewahrung des Samens, wochen-, ja monatelang erhalten bleibt.

Es war aber trotzdem von Interesse, die Frage aufzuwerfen, ob nicht bei Zugabe der Stimulationsmittel in Trockensubstanz, die in bestimmten Mengen der Oberfläche der Samen zugefügt wird, ein günstiger Stimulationseffekt zu erzielen wäre. Es galt also, denselben Weg einzuschlagen, den man mit einigen Beizverfahren aus praktischen Gründen und aus denselben Überlegungen heraus schon eingeschlagen hatte.

In unserem Falle mußte die Menge des Stimulantes zu der Menge des zu stimulierenden Saatgutes so dosiert werden, daß das jeweilige Quantum des Stimulationsmittels, welches an der Oberfläche eines einzelnen Samenkornes haften bleibt, annähernd optimal für die Stimulation des Samens wirkt. Bei der Quellung im Boden würde dann die dem Korn anhaftende Stimulationssubstanz genau so wie bei dem Tauchverfahren in den Samen eindringen und dort den erwünschten Effekt hervorrufen.

Die nach dieser Richtung von mir, mit Unterstützung von Dr. H. Magnus von Merkatz, angestellten Versuche (1925) zeigten, daß auch dieser Weg der Anwendung der Stimulationsmittel bei optimaler Dosierung derselben zu günstigen Resultaten führen kann. Auch bei diesem Verfahren bleibt der Grundgedanke der Samenstimulation unverändert bestehen, nämlich die Samen vor der Aussaat durch chemische oder physikalische Agentien einmalig zu beeinflussen und durch diesen Stimulationsanstoß schon die ersten Lebensäußerungen des keimenden Samens optimal so zu heben, daß er sich auch später in einem kräftigeren Wachstum der Pflanze kundgibt. Alles andere, auf welche Weise z. B. die Applikation des Stimulantes auf den Samen erfolgt, ist und bleibt nur technische Methodik.

Wesentlich für die günstige Einwirkung auch der Trockenstimulationsmittel bleibt eine peinliche Dosierung derselben, und zwar so, daß nach Möglichkeit jedes Samenkorn die für seine Stimulierung notwendige Stimulationssubstanz in der optimalen Menge bekommt. Da diese erforderliche Menge eine außerordentlich geringe ist, so

kann natürlich die Trockenstimulationssubstanz in reiner Form, für sich allein genommen, unmöglich in innigen Kontakt mit der betreffenden Menge des zu stimulierenden Saatgutes gebracht werden. Auch hier muß infolgedessen die Stimulationssubstanz, wie dies bei dem Tauchverfahren der Fall ist, in feiner Verteilung zu den Samenkörnern zugegeben werden, und zwar so, daß in diesem speziellen Fall die äußerst fein pulverisierte Trockenstimulationssubstanz in einer trockenen voluminösen Füllmasse verteilt und so in den Zustand „einer trockenen Lösung" übergeführt wird. Als Füllmasse wurde je nachdem Bolus oder Kieselgur gebraucht. Beim Fortschreiten unserer Versuche haben wir uns endgültig für Kieselgur entschieden, und zwar weil dieses letztere viel leichter und voluminöser als Bolus ist. Es wurden die verschiedensten Gewichtsmischungsverhältnisse zwischen dem Kieselgur und dem Trockenstimulant, von der Mischung Stimulans 1 zu Kieselgur 1 anfangend, allmählich zu Mischungen Stimulans 1 zu Kieselgur 2, 3 usw. bis 10 und darüber aufsteigend, geprüft und durch Anwendung dieser verschiedenen Mischungsverhältnisse zu Stimulationszwecken die optimale Mischung durch Keimungsversuche zu eruieren gesucht. Die so als günstig erkannten Mischungen wurden dann durch weitere Keimungsversuche für eine bestimmte Menge Saatgut optimal eingestellt.

Die Trockenstimulationsmasse haftet ohne weiteres nur an der Oberfläche solcher Samen, wie z. B. Roggen, welche eine feine Behaarung aufweisen. Die glattschaligen Samen dagegen nehmen das Trockenstimulans nicht an. Um dies zu erreichen, wurde das zu stimulierende Saatgut durch einen feinen Wasserzerstäuber oberflächlich leicht benetzt, gut durchgemischt und dann mit der gegebenen Trockenstimulationsmasse in Kontakt gebracht. Durch längeres Schütteln und Rotieren derselben in einem geschlossenen Gefäß wird leicht erreicht, daß die ganze Stimulationsmasse als ein äußerst feiner Belag auf die Oberfläche der Samen gleichmäßig verteilt wird. Nach Ausbreitung der Samen trocknen sie nach kurzer Zeit, schon nach wenigen Minuten, wobei der Stimulationsbelag haften bleibt.

Die so stimulierten Samen wurden dann nach der üblichen Methode, je nachdem, in gewaschenem Sand, gewöhnlich bei vierfachen Wiederholungen für Keimungsversuche angesetzt oder für Topf- bzw. Landversuche verwandt. Nachfolgend lasse ich einige Ergebnisse dieser Versuche in knapper Form folgen.

Keimungs- und Topfversuche

a) Versuche mit Roggen

Es wurden viele Kombinationen von Stimulationsmitteln ausprobiert. Hier gebe ich nur einige dieser Kombinationen wieder.

Versuchsserie I

Stimulationsmittel: KBr 5 Teile + KJ 1 Teil + $MgSO_4$ 10 Teile + KNO_3 10 Teile.

Für Roggen wurde die Mischung 1 Teil Stimulationsmittel zu 5 Teilen Kieselgur als günstig gefunden. Von der so hergestellten Stimulationsmasse wurde 0,5 g für 25 g Roggen angewandt.

Keimungsversuch am 25. XI. 1925. Je 50 stimulierte Körner in 4facher Wiederholung und 2 unbehandelte Kontrollen.

Dieselbe Versuchsanordnung bleibt auch für alle weiteren Versuche.

Am 27. XI. 95 % der stimulierten Samen gekeimt gegen 80 % der nichtstimulierten.

Am 28. XI. 98 % gekeimte stimulierte Samen gegen 90 % der nichtstimulierten.

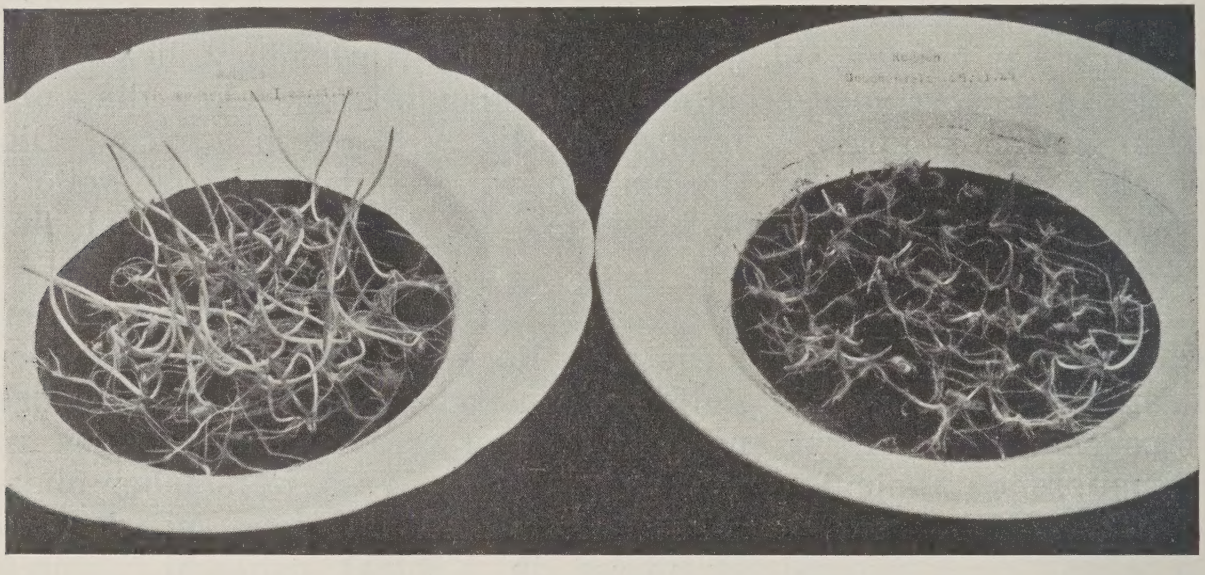


Abb. 40. Keimungsversuch an Roggen: links stimuliert, rechts unbehandelt.

Am 2. XII. Die stimulierten Pflanzen sind größer als die nichtstimulierten, wie dies aus der beigegebenen Photographie zu ersehen ist (Abb. 40).

Am 4. XII. Die stimulierten Pflanzen sind augenscheinlich 2mal größer als die nichtstimulierten Kontrollen.

Von demselben Samen wurde eine kleine Partie für Topfversuche verwendet, und zwar wurde bei einer Versuchsreihe Heideerde und bei einer zweiten Versuchsreihe Lauberde verwandt. In jeden Topf wurden je 15 Samen ausgesät. Die Menge der angewandten Erde und die Versuchsbedingungen Wärme, Belichtung, Feuchtigkeit usw. waren für alle gleichzeitigen Versuchsserien die gleichen.

Versuch am 30. XI. 1925. Je zwei Parallelversuchsreihen auf Heide- und auf Lauberde mit je 2 Kontrollen.

Am 7. XII. Die auf Heideerde gewachsenen Pflanzen zeigten keinen Unterschied zwischen stimulierten und nichtstimulierten

Samen. Auf der Lauberde sehen die stimulierten Pflanzen deutlich besser aus als die Kontrollen.

Am 9. XII. Die auf Lauberde gewachsenen Pflanzen sind deutlich kräftiger und größer als die Kontrollen. Der Versuch auf Heideerde zeigt weiter keine nennenswerten Unterschiede zwischen stimulierten und nichtstiumlierten Pflanzen.

Am 30. XI. wurde der Keimversuch wiederholt mit den am 25. XI. stimulierten Samen.

Am 5. XII. sind die stimulierten Keimlinge viel besser gewachsen als die Kontrollen.

Am 9. XII. sind die stimulierten Pflanzen fast 2mal so groß als die Kontrollen.

Am 4. XII. Nochmalige Wiederholung des Keimversuches mit den am 25. XI. stimulierten Samen.

Am 8. XII. Die stimulierten Keimlinge sind schlechter gewachsen als die Kontrolle.

Am 10. XII. Die Kontrolle hat einen bedeutenden Vorsprung vor den stimulierten Pflanzen.

Am 10. XII. wurde der Keimungsversuch abermals wiederholt mit den am 25. XI. stimulierten Samen.

Am 15. XII. Die stimulierten Samen haben, mit wenigen Ausnahmen, nicht gekeimt. Die Kontrollen normal.

Die Resultate dieser Versuchsserie zeigen 1. daß die trockenstimulierten Samen bei günstiger Anwendung des Stimulationsmittels bedeutend besser wachsen als die nichtstimulierten Kontrollen und 2. daß das längere Liegen der trockenstimulierten Samen ungünstig auf ihre Keimungsfähigkeit wirkt. 5 Tage nach der Behandlung war der Stimulationseffekt noch voll vorhanden; gegen den 10. Tag trat aber schon merkliche Verschlechterung ein. Die stimulierten Samen wuchsen schlechter als die unbehandelten Kontrollen. Es trat eine Schädigung der Samen ein. Nach 14tägigem Liegen zeigte sich eine sehr starke Herabsetzung auch der Keimfähigkeit, und zwar wahrscheinlich infolge von Erstickung durch die Inkrustierung: durch das schwache Anfeuchten der Samen vor der Inkrustierung wird das Sauerstoffbedürfnis derselben gesteigert.

Dieses Verhalten ist von Bedeutung bei der Anstellung von Landversuchen: der Effekt der Stimulation könnte aufgehoben bzw. auch die Keimfähigkeit der Samen herabgesetzt werden, wenn das trockenstimulierte Saatgut zu lange im trockenen Boden liegen bleibt.

Versuchsserie II

Die Menge des Stimulantes wurde herabgesetzt, und zwar von dem Mischungsverhältnis 1 Teil Stimulans zu 5 Teilen Kieselgur wurde 0,4 g für 50 g Roggen angewandt.

Die Keimversuche wurden gleich nach der Stimulation, am 1. XII. 1925 angelegt.

Am 3. XII. Von den stimulierten Samen 6 % ungekeimt; von den Kontrollen 12 % ungekeimt.

Am 10. XII. Die stimulierten Keimlinge durchweg besser als die Kontrollen; durchschnittliche Länge der stimulierten Keimlinge (mit Wurzel) — gemessen an je 50 Pflänzchen — 32 cm; die der Kontrollen 17 cm.

Versuchsserie III

Stimulationsmittel: KBr (5) + KJ (1) + $MgSO_4$ (10) + KNO_3 (10) + NaF (1).

Mischung mit Kieselgur 1 : 5
„ „ Bolus 1 : 5

Auf 50 g Roggen je 0,4 g der Stimulationsmasse.

Die am 2. XII. stimulierten und gleich darauf in Keimversuchen angewandten Samen zeigten durchweg ein besseres Wachstum als die Kontrollen. So am 10. XII. war der Stand des Versuches folgender:

Von den stimulierten Samen 5 % ungekeimt; Durchschnittslänge der Keimlinge 28 cm.

Von den Kontrollen 11 % ungekeimt; Durchschnittslänge der Keimlinge 15 cm.

Versuchsserie IV

Zu dem Stimulationsgemisch (die Teilverhältnisse als Gramm gerechnet) von der Versuchsserie III wurde 0,05 g K_3AsO_4 gegeben.

Diese Zugabe, wahrscheinlich der zu hohen Dosis zufolge, drückte den Stimulationseffekt herunter, ohne ihn ganz aufzuheben.

Die am 2. XII. angestellten Keimversuche (dieselbe Versuchsanordnung wie bei Versuchsserie III) zeigten am 10. XII. folgendes Resultat:

Durchschnittslänge der stim. Keimlinge { Kieselgurmischung 23 cm
Bolusmischung . 20 „
„ „ Kontrollkeimlinge . . . . . 17 „

Versuchsserie V

Günstige Wirkung zeigte der Zusatz von $MnSO_4$. So z. B. ergab die Stimulationsmischung KBr(5) + KJ(1) + $MgSO_4$(10) + KNO_3(10) + $MnSO_4$(5) in Anwendung von 1 Teil Stimulans zu 5 Teilen Bolus.

Bei einer am 2. XII. 1925 angestellten und 10. XII. ausgemessenen Versuchsserie zeigten die stimulierten Keimlinge eine Durchschnittslänge von 31 cm und die Kontrollkeimlinge von 15 cm.

Versuchsserie VI

Die Menge des angewandten Stimulantes KBr(5) + KJ(1) + $MgSO_4$(10) + KNO_3(10) wurde variiert, um einen Aufschluß über die zulässige Konzentration zu erhalten.

Stimulationsgemisch 1 Teil Stimulans zu 5 Teilen Kieselgur. Davon angewandt:

I zu 25 g Roggen . . . . 0,2 g der Stimulationsmasse
II „ 25 „ „ . . . . 0,4 „ „ „
III „ 25 „ „ . . . . 0,6 „ „ „

8 Tage nach Anstellung der Keimversuche waren die Keimlinge der Versuchsreihen I und II fast zweimal so groß als die Kontrollen. Die Versuchsreihe III zeigte aber ein deutlich schwächeres Wachstum als die Kontrolle.

Von den entsprechenden Topfversuchen wuchs am besten Versuchsreihe II, dann kam, — und zwar immer noch besser als die Kontrollen — die Versuchsreihe I, und Versuchsreihe III zeigte infolge der zu großen Stimulationsdosis ein schwächeres Wachstum als die Kontrollen.

Versuchsserie VII

Aus den Stimulationsgemischen wurde die Komponente KNO_3 fortgelassen, um dem Einwand zu begegnen, daß die minimalen Mengen von KNO_3 evtl. die Urheber, Stickstoffzugabe, für den besseren Wuchs der stimulierten Pflanzen seien.

Stimulans: KBr(1) + KJ(1) + $MgSO_4$(10) + NaF(1).

Gemisch: 1 Teil Stimulans zu 5 Teilen Kieselgur, davon 0,4 g auf 25 g Roggen.

Der Keimungsversuch (15. I. 1926) wurde in 8facher Wiederholung angestellt: die Keimlinge aus den stimulierten Samen waren durchweg besser als die der Kontrollen.

Diese Resultate beweisen, daß der oben gemachte Einwand über die mögliche Wirkung des KNO_3 in unserem Falle als Düngemittel und nicht als Stimulans unbegründet ist, denn wir konnten genau so gute Stimulationseffekte auch mit Stimulationsgemischen erzielen, bei welchen das KNO_3 fehlte. Außerdem ist das KNO_3 ein sehr stark wirkendes Stimulationsmittel auch für die tierische Zelle, welche, wie bekannt, die anorganischen Stickstoffverbindungen als Nahrungsmittel nicht verwenden kann.

b) Versuche mit Rübensamen

Ohne auf Einzelheiten einzugehen, wollen wir uns hier nur auf die allgemeine Angabe beschränken, daß das Stimulans

KBr(5) + KJ(1) + $MgSO_4$(10) + KNO_3(10)

in Verteilung 1 Teil Stimulans zu 4 Teilen Kieselgur und in Anwendung 2 g Stimulationsmasse auf 100 g Rübensamen gute keimungs-

und wachstumsfördernde Wirkungen zeigte (siehe darüber weiter die Resultate von den Feldversuchen).

Langwieriger stellten sich die

c) Versuche mit Weizen

Die für Roggen als optimal festgestellten Dosen des Trockenstimulantes gaben trotz vieler und verschiedentlich variierter Versuche beim Weizen keine günstigen Resultate, es zeigten sich keine Stimulationserscheinungen. Eine merkliche Verbesserung trat ein bei Steigerung der Menge, d. h. der Konzentration der Stimulationssubstanz in bezug auf das zu stimulierende Saatgut. Durch vielfach variierte Versuche wurde festgestellt, daß die optimale Wirkung bei einer 8fach gesteigerten Dosis der für Roggen optimal festgestellten Dosis eintritt.

So z. B. zeigte das Stimulans

$$KBr(5) + KJ(0{,}4) + MgSO_4(5) + MnSO_4(5) + NaF(0{,}5)$$

in der Mischung 1 Teil Stimulans zu 5 Teilen Kieselgur in Mengen von

1. 0,4 g auf 50 g Weizen angewandt bei den vorgenommenen Keimungsversuchen keine Stimulationswirkung auf den Samen.

2. In Mengen von 0,8 g Stimulationsmasse auf 50 g Weizen angewandt zeigten die stimulierten Keimlinge ein besseres Wachstum als die Kontrollen, aber ohne besonders hervorstechenden Unterschied.

3. Erst bei Anwendung von 2 bzw. 3 g Stimulationsmasse auf 50 g Weizen entwickelten sich aus demselben Keimlinge, die fast doppelt so groß waren als die nicht stimulierten Kontrollkeimlinge.

Da sich bei dieser Dosierung das zu starke Anwachsen der Füllmasse (Kieselgur) bei den Versuchen als störend erwies, besonders beim Arbeiten mit größeren Mengen, so wurde das Verhältnis von Stimulationssubstanz zu Füllmasse 1 zu 1 gewählt und von der so erhaltenen Stimulationsmasse z. B. 0,8 g auf 50 g Weizen angewandt. Die erzielten Resultate waren genau so günstig wie bei der vorhergehenden Versuchsanordnung.

Gute Stimulationseffekte gab auch die Mischung

$$KBr(5) + KJ(1) + MgSO_4(10) + NaF(1)$$

im Verhältnis 1 Teil Stimulans zu 1 Teil Kieselgur und in einer Dosierung von 0,8 g Stimulationsmasse auf 50 g Weizen.

Die so erzielte Aktivierung der Keimung und des Wachstums der Keimlinge nach Trockenstimulation der Samen bleibt aber, ähnlich wie bei dem Tauchstimulationseingriff, nicht nur auf die frühen

Stadien des Pflanzenlebens beschränkt, sondern wirkt sich auch bei der späteren Entwicklung der Pflanze aus, wie dies aus dem folgenden Versuch mit Rüben zu ersehen ist. Der Versuch wurde im Frühjahr 1926 auf dem Gut Dübzow (Kreis Labes, Pommern) angestellt, Administrator Knaul, und zwar mit den Trockenstimulationsmischungen

1. KBr (5 Teile) + KJ (1 Teil) + $MgSO_4$ (10 Teile) + NaF (1 Teil) im Verhältnis 1 Teil Stimulans zu 4 Teilen Kieselgur und

2. dieselbe Mischung im Verhältnis 1 Teil Stimulans zu 1 Teil Kieselgur.

Die Hälfte des Saatgutes wurde mit dem Stimulans 1 und die andere Hälfte mit dem Stimulans 2 behandelt und hinterher vor der Aussaat gemischt (Bistimulation). Die Aussaat ist in der Weise vorgenommen worden, daß inmitten eines großen Zuckerrübenschlages

Abb, 41. Stimulationsversuch an Zuckerrüben: links unbehandelt, rechts trocken stimuliert.

eine Maschinenbreite mit dem stimulierten Saatgut lang über den Schlag, ca. 600 m, 6 Reihen gesät worden ist. Wie der Versuchsansteller mitteilte, sind die stimulierten Rüben bald nach dem Aufgang und besonders kurz vor dem Verziehen deutlich kräftiger als die unmittelbar neben ihnen stehenden unbehandelten Rüben gewesen. Bei einem Besuch in Dübzow am 1. Juli 1926, bei dem auch die hier wiedergegebene Aufnahme (Abb. 41) angefertigt ist, konnte von den drei an der Besichtigung teilnehmenden Herren übereinstimmend festgestellt werden, daß die stimulierten Rüben schon aus einiger Entfernung an ihrem bedeutend kräftigeren Blattwuchs zu erkennen waren. Die Farbe war dunkelgrün, das ganze Wachstum

der Pflanzen bedeutend üppiger, der Stand lückenlos. Leider sind die genauen Erntezahlen später nicht festgestellt worden.

Als eine weitere Bestätigung der Wirkungsweise der Trockenstimulationsmittel gebe ich hier auch eine Photographie von einem kleinen Tastversuch mit Serradella von Herrn Kulturingenieur Graßmann in Hannover, mit dem zuletzt angegebenen Stimulans angestellt (Frühjahr 1926), wieder (Abb. 42).

Ein weiterer Beweis für die Wirksamkeit der Trockenstimulation geben auch die Versuche K a s a s k y s, Sofia, die er in Anlehnung und weiterer Fortführung meiner Stimulationsarbeiten selbständig mit Trockenstimulationsmittel an Mais angestellt hat (Fortschritte der Landwirtschaft, 15. Mai 1927). Bei Anwendung z. B. von dem hier wiederholt erwähnten energischen Stimulans KNO_3 in Konzentration 20 ‰ (20 % Stimulans + 80 % Gips) erhielt Kasasky im Feldversuch eine Steigerung der Ernte um ca. 37 %. — Diese Resultate

Abb. 42. Stimulationsversuch an Serradella.

stehen in Parallele mit den hier besprochenen Untersuchungen (1925 bis 1926) über Trockenstimulation.

Gleichzeitig mit den Versuchen einer reinen Trockenstimulationsbehandlung haben wir auch Versuche unternommen, einen Mittelweg zwischen dem Tauch- und Trockenstimulationsverfahren zu gehen. Zu diesem Zweck stellten wir stark konzentrierte Lösungen des anzuwendenden Stimulationsmittels her, um durch feine Zerstäubung derselben auf das zu stimulierende Saatgut und durch dauerndes Umschütteln dieses letzteren ebenfalls zu einer gleichmäßigen feinen Inkrustierung der Samen mit der Stimulationssub-

stanz zu gelangen. Auch bei diesem Verfahren werden die Samen nur oberflächlich feucht, und zwar nur so viel, wie dies auch bei dem Feuchtmachen der Samen für die Erhöhung ihrer oberflächlichen Klebrigkeit, die für die Aufnahme des Trockenstimulans notwendig ist. Die nach dieser Richtung vorgenommenen Keim- und Topfversuche gaben ebenfalls positive Resultate und zeigten die praktische Gangbarkeit auch dieser Stimulationsmethodik.

Strahlenenergetische Stimulation

Bis jetzt habe ich die physiologische Wirkung der chemischen Stimulationsmittel auf die Keimung und weitere Entwicklung der Pflanzensamen betrachtet. Diese chemische Beeinflussung hat, wie im theoretischen Teil ausgeführt wurde, dieselben tieferen Ursachen wie eine strahlenenergetische Einwirkung. Deshalb ist auch die Auswirkung dieser zwei scheinbar so verschiedenen Beeinflussungsarten auf die lebende Substanz dieselbe: die lebende Substanz beantwortet jedesmal eine biopositiv dosierte Beeinflussung derselben mit der Hebung der Oxydationsprozesse und der Aktivierung der gesamten Lebensfunktionen.

Schon in den ersten Stadien meiner Zellstimulationsuntersuchungen war ich bestrebt, auch die Wirkung der physikalischen Stimulantien in den Kreis meiner Betrachtungen einzubeziehen. Ich kam aber, von anderen Arbeiten abgelenkt, nach dieser Richtung nicht über die ersten orientierenden Versuche hinaus. Hierher gehören meine Samenstimulationsversuche mit Röntgen- und mit ultravioletten Strahlen. Ich gebe nun kurz die Versuche mit ultravioletten Strahlen wieder, um das Bild der Stimulationseinwirkungen abzurunden.

Versuche mit ultravioletten Strahlen

Diese Versuche wurden an Roggen- und Weizensamen mit der Unterstützung von Dr. H. Magnus von Merkatz im Jahre 1926 ausgeführt. Für die Versuche diente eine Quecksilberdampflampe, System Jaenicke. Die Samen wurden teils trocken, teils vorgequollen bestrahlt, und zwar durch Variieren der Entfernung der Lampe und der Exponierungszeit. Die Bestrahlung wurde gewöhnlich einmalig angewandt oder bei bestimmten Versuchen auch einige Male wiederholt. Während der Bestrahlung lagen die Samen auf einer Asbestplatte und die Kontrollen unter Glasfilter. Die Keimproben wurden auf feuchtem Glassand ausgesät, je 50 Körner in 2facher Wiederholung, mit ebenso vielen Kontrollen.

Roggen — trocken bestrahlt

1. Entfernung 90 cm. Exponierungszeiten 10, 15, 30, 40 und 45 Minuten. Keimproben, ausgelegt am 15. August 1926 unmittelbar nach der Bestrahlung.

18. August Exponierungszeit in Min.	Stück gekeimt	% gekeimt Mittelzahl
10	38	74
15	42	84
30	**46**	**88**
40	38	72
45	32	64
Kontrolle	**32**	**64**

19. August Exp.-Zeit in Minuten	Stück gekeimt	% gekeimt	22. August % gekeimt	Mittlere Länge der Keime	Mittlere Länge der Wurzeln
10	45	90	92	7,1	7,6
15	47	94	94	7,5	10,3
30	46	92	92	**8,9**	**10,7**
40	38	76	92	8,4	9,9
45	30	60	92	6,9	8,5
Kontrolle	35	70	92	**4,6**	**7**

Bei Bestrahlung von 30 Minuten ist der Prozentsatz der Auskeimungen am größten und die Entwicklung der Keime am besten.

Dasselbe Resultat ist bei mehrfacher Wiederholung des Versuches immer bestätigt worden.

2. Bestrahlung am 30. August. Entfernung 50 cm. Keimproben ausgelegt am 30. August.

Am 5. September beträgt die mittlere Länge der Keime der 40 Minuten bestrahlten Samen 8,6 cm, diejenige der Kontrollen 6,9 cm.

1. September Exponierungszeit in Min.	Stück gekeimt	% gekeimt
10	36,32	72,64
20	36,36	72,72
30	**44,40**	**88,80**
40	40,38	76,80
50	36,33	72,64
60	30,31	60,62
Kontrolle	**30,26**	**60,52**

3. Versuch mit wiederholter Bestrahlung: Samen vom vorigen Versuch wurden am 16. und 18. August zum zweiten bzw. zum dritten Male bestrahlt. Keimproben am 18. August ausgelegt. Entfernung 90 cm.

20. August Exponierungszeit in Minuten	% gekeimt	% Ausgebildete Wurzeln	Eindruck	25. August % gekeimt	% Über 5 cm lange Keime
10 + 10	96	33	sehr gut	96	80
10 + 10 + 10	93	33	gut	95	80
10 + 20 + 30	93	50		94	75
10 + 20	93	40		94	80
15 + 15	93	**66**	sehr gut	**95**	**83**
15 + 15 + 15	87	55		93	80
30 + 20	87	50		93	66
30 + 20 + 10	60	40		92	64
45 + 30	87	50		90	75
15 + 30 + 15	87	50		90	60
Kontrolle	60	**25**		93	68

Auch bei diesem Versuch zeigen die bestrahlten Samen 10 + 10 Minuten bzw. 15 + 15 Minuten die beste Entwicklung. Bei längerer Bestrahlung ist eine sichtliche Verlangsamung des Keimungsprozesses zu beobachten.

Weizen — trocken bestrahlt

1. Entfernung 75 cm.

Exponierungszeit in Minuten	% gekeimt	Mittlere Länge der Keime in cm
30	92	12,9
40	94	13,8
50	**96**	**14,7**
60	90	11,9
Kontrolle	92	12,2

Auch beim Weizen ist die günstige Wirkung auf die Keimung und auf die Keimentwicklung einer optimal eingestellten Bestrahlung, im vorliegenden Falle 50 Minuten, zu konstatieren.

Weizen — vorgequollen

Die zahlreichen nach dieser Richtung angestellten Versuche haben ergeben, daß eine Vorquellung der Samen von 12—17 Stunden bei nachheriger Bestrahlung einen sehr günstigen Einfluß auf die Keimung und auf die spätere Entwicklung ausübt. Während der Vorquellung der Samen (nicht durch Baden, sondern nur durch Anfeuchten) sind die Keimungsprozesse schon eingeleitet, so daß die Bestrahlung die ganz frühen Vegetationsstadien trifft. Die Kontrollen sind selbstverständlich auch von vorgequollenen Samen.

1. Der Weizen 12 Stunden vorgequollen. Bestrahlt 10, 30 und 40 Minuten. Entfernung 80 cm. Keimproben gleich nach der Bestrahlung ausgelegt (6. September).

8. Sept. Exponierungszeit in Minuten	Gekeimt Stück	Mittlere Keimlänge nach 8 Tagen
40	48	14,3
30	37	13,2
10	25	
Kontrolle	21	9 cm

Bei einem anderen ähnlichen Versuch war die mittlere Länge der Keimlinge nach 8 Tagen folgende: Kontrolle — 10,8 cm, 30 Minuten — 12,4, 40 Minuten — 15,9 und 50 Minuten — 13,7 cm. Derselbe Versuch zeigte in derselben Zeit folgende mittlere Wurzellänge: Kontrolle — 9 cm, 30 Minuten — 11 cm, 40 Minuten — 16 cm, 50 Minuten 13,2 cm.

Diese Versuche, welche dieselben Ergebnisse nach vielfachen Wiederholungen ergeben haben, zeigen, daß es möglich ist, durch eine kurze Bestrahlung der Samen, in trockenem — oder in vorgequollenem Zustand, die chemischen Prozesse derselben so zu aktivieren, daß daraus eine günstigere Keimung und Keimentwicklung resultieren. Diese physiologische Beeinflussung der Samen steht in Parallele mit den Prozessen der Samenstimulation, die durch chemische Beeinflussungen hervorgerufen werden. Dieselben Stimulationsfolgen einer physikalischen Beeinflussung zeigen auch die

Versuche mit Hochfrequenzstrom

Sie wurden mit einem Apparat System „Sanitas“ an Weizensamen durchgeführt (zusammen mit Dr. H. Magnus von Merkatz). Der Samen lag während der Behandlung auf einer Asbestplatte.

1. Weizen, 12 Stunden vorgequollen.

a) Der Samen wurde einmal 6 Minuten lang mit Stärke 7 behandelt,

b) der Samen wurde zweimal 6 Minuten lang mit Stärke 7 behandelt.

Ausgekeimt: nach 1 Tag	Ausgekeimt: nach 2 Tagen
a—12	41
b— 9	38
Kontrolle 7	Kontrolle 30

Mittlere Länge nach 8 Tagen a — 13,6 cm, b — 12,6 cm, Kontrolle — 12,3 cm.

2. Weizen, trocken. 8. September 1927.

Behandlung: a) 1mal 5 Minuten mit Stärke 5
b) 2 „ 5 „ „ „ 5
c) 1 „ 10 „ „ „ 10
d) 2 „ 10 „ „ „ 10

Am 13. September war das erste Blatt durchgebrochen bei: a) 27 Stück, b) 26 Stück, c) 38 Stück, d) 43 Stück, Kontrolle 9 Stück.

Eine ähnlich günstige Beeinflussung der Hochfrequenzstrahlung auf den Verlauf der Keimungs- und Wachstumsprozesse zeigen auch folgende Versuche, die aus einer größeren Serie herausgenommen sind:

3. Weizen, trocken behandelt (14. September):

a) einmal 10 Minuten lang mit Stärke 8,

b) einmal 10 Minuten lang mit Stärke 8 und dann einmal 10 Minuten lang mit Stärke 10.

15. Sept. gekeimt	16. Sept. gekeimt
a— 6,5	38,42
b—**19,24**	**39,42**
Kontrolle **0,0**	Kontrolle **25,26**

Durchbruch des ersten Blattes bei:

20. September	21. September
a—4,4	**33,38**
b—**9,14**	33,32
Kontrolle **0,0**	Kontrolle **18,20**

4. Weizen, 6 Stunden vorgequollen. Behandlung (16. Septbr.):

a) 10 Minuten Stärke 10,

b) 5 Minuten Stärke 10.

Kontrollen.

23. September Durchbruch des ersten Blattes bei:

a) 41, 40 Keimlinge,

b) 34, 37 Keimlinge,

Kontrolle 28, 33 Keimlinge.

Am 26. September war die mittlere Länge der Keime wie folgt: a) 14,1 cm, b) 15,2 cm, Kontrolle 11,8 cm.

Auch diese Versuche werden weitergeführt und ausgearbeitet. Sie versprechen sowohl theoretisch als auch praktisch wichtige Ergebnisse. Es ist mit Bestimmtheit zu erwarten, daß die strahlenenergetische Samenstimulation in bezug auf ihre Wirksamkeit den chemischen Stimulationsmitteln nicht nachstehen wird. Zu dieser Annahme berechtigen auch die Resultate, die durch Einwirkung von Röntgenstrahlen und Radiumstrahlen auf somatischem und embryonalem Gewebe erzielt wurden.

Stimulierende Radiumeinwirkungen

Bei Betrachtung der Wirkungsweise der zellstimulierenden Agentien habe ich in früheren Arbeiten (1923—1924) darauf hingewiesen, daß die physiologische Wirkung der Radiumemanation auf tierische und pflanzliche Organismen stimulierender Natur ist und daß sie

zugunsten der Zellstimulationslehre sprechen. „Beim Radium haben wir es in der Hand, die Wirkung so zu dosieren, daß wir die optimale, für die Stimulationsprozesse notwendige Beeinflussung des lebenden Moleküls messungsweise darreichen können. Bei längerer Dauer der Radiumwirkung würden wir auch in diesem Falle, wie dies bei allen chemischen Stimulantien der Fall war, leicht zu einer Überstimulation kommen, welche bei noch weiterer Dauer der Radiumwirkung zu einem völligen Zerfall der lebenden Substanz führen wird.

In der Tat zeigen die vielen experimentellen Untersuchungen über die biologische Wirkung der Radiumstrahlen deutlich die drei Phasen: die der anschwellenden Stimulation, der optimalen Stimulation und schließlich die der Überstimulation und des darauffolgenden Zerfalls der lebenden Substanz. Durch Einwirkung von Radiumstrahlen auf junge Keimlinge ist es gelungen, deutliche Stimulationseffekte hervorzurufen. Auf Samen angewandt, muß die Radiumbehandlung bei genauer Dosierung einen ähnlichen Stimulationseffekt zeitigen wie derjenige durch chemische Stimulation hervorgerufene — denn die primäre Grundursache bleibt in beiden Fällen dieselbe.

Noch häufiger als die stimulierende Wirkung der Radiumemanation ist die überstimulierende, die hemmende und die zerfallende Wirkung beobachtet und beschrieben worden. Auf diese letzte Wirkung ist auch die therapeutische Anwendung der Radiumbestrahlungen, hauptsächlich bei Tumorenheilung, basiert worden: durch die Radiumbestrahlung wird die Wachstumsintensität der Tumorzellen herabgesetzt bzw. zum Stillstand gebracht[1]).“

Es sind eine Reihe von Untersuchungen vorhanden, welche die wachstumsfördernde, die stimulierende Wirkung der Radiumbestrahlung auf Pflanzenkeimlinge und auf wachsende Pflanzen dartun. Besonders wichtig für die Frage der biologischen Wirkung der Radiumbestrahlung sind die Arbeiten von Stoklasa (1920—1926). Durch viele eindeutige Experimente mit wachsenden Pflanzen weist Stoklasa[2]) nach, daß es möglich ist, bei richtiger Dosierung der Radiumbestrahlung, besonders durch die β-Strahlen, eine Steigerung der Pflanzenmasse von 30 bis über 100 % zu erzielen. Und er prophezeit in einer bemerkenswerten Arbeit von 1926 dieser Bestrahlungsweise eine große praktische Bedeutung für die Landwirtschaft.

Beim Aufziehen von Pflanzenkeimlingen in künstlichen Nährlösungen, hergestellt mit radioaktivem und nichtradioaktivem Wasser, bekam er nach 46 Vegetationstagen pro 10 Pflanzen folgendes Trockensubstanzgewicht:

[1]) Popoff, M.: Zellstimulation und ihre theoretische Begründung, II. Teil. Zellstforsch. Bd. I, Heft 3, 1925.

[2]) Stoklosa, J.: Über den Einfluß der Radioaktivität auf den Aufbau neuer lebender Pflanzenmasse. Zellstforsch., Bd. II, 1927.

	In radioaktivem Wasser g	In nicht radioaktivem Wasser g
Pisum sativum	6,873	2,137
Vicia faba	12,887	6,009
Lupinus angustifolius	3,793	1,845
Hordeum distichum	9,085	0,906

Ähnliche Resultate ergaben auch viele andere Experimente, die alle die energische zellstimulierende Wirkung der Radiumemanation und der Radiumemission beweisen.

Interessant bei diesen wachstumsfördernden Versuchen Stoklasas, die, wie hervorgehoben, in das große Gebiet der zellstimulierenden Einwirkungen fallen, ist die 10- bis 15fach stärkere Empfindlichkeit mancher Pflanzenarten — wie Zuckerrübe, Kartoffel, Tabak, Weinrebe —, die sich durch eine stärkere Kaliaufnahme auszeichnen.

Dieses Verhalten der Kalipflanzen gegenüber der Radiumbestrahlung spricht sehr zugunsten der von mir gegebenen Erklärung über die elektronen-kinetische Beeinflussung der Lebensprozesse und über die stimulierende Hebung derselben. Durch die Einwirkung der Radiumbestrahlung werden die labilen Atome des Kaliums aktiviert (die Elektronen-Radiation wird gesteigert) und die Wirkung derselben auf den Pflanzenkörper zu der Radiumbestrahlung addiert, kann leicht zu Überstimulationserscheinungen führen. (Deshalb wird die Diät bei den Besuchern der Radiumbäder nicht ohne Bedeutung für die Dosierung der Radiumeinwirkung sein. Bei kalireicher Ernährung müßte ein Effekt der Kur energischer und schneller eintreten.)

Wichtig für das Samenstimulationsproblem sind auch die keimungsbeschleunigenden Beeinflussungen, welche Stoklasa durch dosierte Radiumemanation bei Gerstensamen (1926) bekommen hat. Unter Einwirkung der Radiumemanation wurden nach 5tägiger Keimung, vom Gesamtstickstoff 1,89 g, bei den Kontrollversuchen 0,608 g Amidstickstoff gebildet, also vom Gesamtstickstoff 32,16 %. Unter Einwirkung von Radiumemanation wurden dagegen 0,908 g Amidstickstoff gebildet, d. h. 48,04 % vom Gesamtstickstoff.

Auch die hydrolytische Spaltung der Stärke wird bei der Samenstimulation beschleunigt. Bei einem Versuch wurde im Gerstensamen 53,4 % Stärke gefunden, was 59,07 % Trockensubstanz entspricht. Nach 5tägiger Keimung wurden bei dem Kontrollversuch 58,2 %, unter Einfluß der Radiumemanation 49,2 % Stärke in der Trockensubstanz gefunden, d. h. ein Verlust an Stärke von 9,87 %. Auch die Menge der Hexosen, auf Glukose berechnet (von 400 Samen), erfährt eine Steigerung: Beim Kontrollversuch betrug sie nach 5tägiger Keimung 0,406 g oder 2,5 %, bei dem Versuch im Emanatorium 0,897 g oder 5,6 %. „Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die Reservestoffe der Frucht der Gerste, und zwar die Eiweißstoffe

und die Stärke, welche in Form von Kolloiden im Embryon und Endosperm usw. vorhanden sind, bei Einwirkung der Radioaktivität durch die hydrolytischen Enzyme viel energischer abgebaut werden, als in den Kontrollversuchen, wo die Radioaktivität nicht zur Wirkung gekommen ist."

Diese Feststellungen Stoklasas zeugen für die einschneidenden Veränderungen, welche im Chemismus der Zelle eintreten, wenn dieselbe der Einwirkung von Stimulationsagentien unterworfen wird.

Von diesen günstigen Ergebnissen geleitet, schlägt Stoklasa vor, die Wirkung der Beta- und Gamastrahlen sich in der Praxis folgendermaßen zunutze zu machen: Mit Pechblende oder mit Erzlaugrückständen gefüllte Eisenblechröhren sollen auf Gestellen in den Feldern ausgesetzt, so daß die Röhren sukzessive mit den wachsenden Pflanzen gehoben werden können, um die Strahlen auf die Blätter fallen zu lassen.

Hemmende bzw. bei geringerer Anwendungsstärke stimulierende Einwirkungen (die letzteren Versuche nach mündlicher Mitteilung) hat auch Konsuloff bei seinen Untersuchungen über die biologische Wirkung der Radiumemanation der radioaktiven Quelle „Solu-Dervent" (Südbulgarien) (Emanation 6000 Curie 10^{-10}) beobachten können.

Wie günstig die stimulierende Wirkung der Strahlungsenergie auf die Entwicklung der Pflanzen ist, zeigen auch die Versuche von Aversseng, Jaloustre und Maurin. Rizinusaussaaten, die alle 15 Tage mit Wasser begossen wurden, das 10 Mikrogramm Thorium X enthielt, zeigten einen bedeutenden Vorsprung im Wachstum im Vergleich zu den Kontrollen. Dieser Vorsprung dauerte bis zur Samenreife. Die Ernte ergab sowohl einen Mehrertrag an vegetativer Masse als auch an Samen- und Ölertrag.

Elektrokultur

Nach der hier vertretenen Auffassung über das Wesen der Stimulationserscheinungen und über die intimen Ursachen der Beschleunigung der integralen chemischen Prozesse in der Zelle ist auch die Wirkungsweise hoher elektrischer Spannungen auf die Pflanzen zu erklären.

Im Jahre 1902 hat der finnische Forscher S. Lemström in einer beachtenswerten Schrift „Erhöhung der Ernteerträge aller Kulturpflanzen durch elektrische Behandlung"[1]) eine große Anzahl von Versuchen und Beobachtungen mitgeteilt, die unzweideutig beweisen, daß es ihm gelungen ist, durch Beeinflussung der oberirdischen Pflanzenteile mittels hochgespannter Elektrizität die Er-

[1]) Lemström, S.: Erhöhung der Ernteerträge aller Kulturpflanzen durch elektrische Behandlung. 1902.

tragsfähigkeit der Pflanzen stark zu steigern, so z. B. erzielte Lemström durch seine Elektrokulturmethode bei weißen Rüben eine Ertragssteigerung von 107 %, bei Kartoffeln 76 %, bei Erbsen 71 %; durch elektrische Bestrahlung gelang es ihm, Erdbeeren in viel kürzerer Zeit zur Reife zu bringen: in 26 Tagen statt 54 Tagen bei den Kontrollen usw.

Bei seiner Elektrokultur bediente sich Lemström hochgespannter elektrischer Ströme, die er von einer besonders kräftig konstruierten Influenzmaschine gewann. Einen Pol der Influenzmaschine leitete er in die Erde, während der andere Pol in ein System von Spitzen geleitet wurde, die in verschiedenem Abstand über die Versuchspflanzen aufgehängt waren. Die hochgespannte Elektrizität strömte dann durch die Luft zu den Pflanzen und bewirkte eine beträchtliche Wachstumssteigerung.

Die Versuche Lemströms wurden von vielen Forschern in Laboratoriums- bzw. in kleinen Feldversuchen nachgeprüft — z. B. von Gaßner, Höstermann, Breslauer[1]) u. a. —, die die Resultate Lemströms prinzipiell bestätigten. Es wurden natürlich auch viele negative Resultate gemeldet, vor allen Dingen bei Übertragung der Elektromethode in großen Feldbetrieben. Diese negativen Resultate entmutigten die Praktiker. Und so kam die Elektrokulturmethode Lemströms allmählich in Vergessenheit — dies aber zu Unrecht; denn nach der hier vertretenen Auffassung handelt es sich bei der Elektrokulturmethode Lemströms um die stimulierende direkte Einwirkung von negativen Elektronen, die aus den Spitzen des mit hochgespannter Elektrizität gespeisten elektrischen Netzes herausströmen und dann auf die oberirdischen Pflanzenteile einwirken, und zwar sowohl durch Ionisierung der Sauerstoffmoleküle der Luft und Überführung derselben in chemisch sehr aktiven Zustand, als auch durch direkte Aktivierung des gesamten chemischen Metabolismus der Pflanzenzellen auf dem Wege einer Atomaktivierung.

Für die Erreichung einer optimalen Hebung der Lebensprozesse mußten natürlich die für die Stimulationseinwirkungen wichtigen zwei Komponenten: 1. Stärke der Stimulationseinwirkung, im vorliegenden Falle die optimale Dosierung des hochgespannten elektrischen Stromes und 2. die optimale Zeitdauer der Stimulationseinwirkung strikte eingehalten werden. Da in den Jahren 1902 bis 1910, in welchen hauptsächlich die Elektromethode Lemströms nachgeprüft wurde, die Wichtigkeit dieser zwei Komponenten noch nicht bekannt war, so sind daraus auch die widersprechenden Resultate, die erzielt wurden, zu erklären. Bei richtiger Einstellung dieser zwei Stimulationskomponenten müßten alle Versuche mit der Elek-

[1]) Gassner, G.: Zur Frage der Elektrokultur. Ber. d. Deutschen Bot. Ges., Bd. 25, 1907.
Derselbe: Pflanzenphysiologische Fragen der Elektrokultur. Mitteil. d. Deutsch. Landw.-Ges., 1909.
Derselbe: Über Elektrokultur. 1912.

tromethode positiv ausfallen, denn wir haben es hier mit einem Fall von Elektronenzellstimulation zu tun, der eigentlich als Paradigma einer Stimulation durch strahlungsenergetische Einwirkung dienen könnte.

Die Elektrokulturmethode Lemströms deckt sich fast vollkommen mit der eben besprochenen Methode Stoklasas zur Erhöhung des Pflanzenertrages durch Radiumbestrahlungen. Ich sage „fast vollkommen", denn bei der von Stoklasa angegebenen Methode wirken auf die im Wachstum begriffenen Pflanzen nicht nur die β-Strahlen, sondern auch in gewissem Maße die α-Strahlen und dann noch die ganze Reihe der Radiumemanation. Die physiologisch prägnanteste Wirkung bleibt aber bei der Radiumbestrahlungsmethode Stoklasas[1]) die Wirkung der β-Strahlen, d. h. derselben negativ geladenen Elektronen, die auch bei der Elektrokulturmethode Lemströms zur Wirkung kommen — und die durch die Spitzen des über den Versuchspflanzen elektrisch hochgespannten Netzes ausströmen.

Und so sehen wir, daß zwei von verschiedenen Voraussetzungen ausgehende wachstumsfördernde Zellstimulationsmethoden im Grunde genommen auf demselben Wirkungsmodus basieren, nämlich dem der kinetischen Wirkung freier Elektronen auf die lebende Substanz.

Von dem hier dargelegten Standpunkt über die Wirkungsweise der Lemströmschen Elektrokulturmethode ausgehend, wird man auch die Überlegungen, die ihn zur Ausarbeitung seiner Elektromethode brachten, beachtenswert finden. Es war Lemström aufgefallen, daß die Pflanzenwelt der nördlichen Gegenden in der kurzen Vegetationsperiode eine Wachstumsintensität zeigt, die „gleichartigen Pflanzen in südlicheren Gegenden mit günstigerem Klima bei weitem überlegen ist." Und da die in diesen Gegenden vorhandene Licht- und Wärmemenge ungenügend ist, um dieses intensive Wachstum zu erklären, suchte Lemström eine Erklärung dieser Tatsache im Vorhandensein von elektrischen Strömungen, die in den Gegenden des Nordlichtes besonders intensiv auftreten.

Es ist in der Tat anzunehmen, daß die elektrischen Strömungen in der Luft durch die kinetische Wirkung der freien Elektronen eine ausschlaggebende Bedeutung für die Lebenserscheinungen der organischen Welt haben.

Und deshalb müssen wir bei Betrachtung der klimatischen Bedingungen, die die Lebenserscheinungen in positivem Sinne beeinflussen, auch den wichtigen Lebensfaktor, d. i. die lebensstimulierende Einwirkung der Elektronen, nicht außer acht lassen. Nicht nur Licht, Wärme und Feuchtigkeit der Luft sind maßgebend für das Gedeihen der Lebewesen, sondern auch die elektrischen Ver-

[1]) Stoklosa, J.: Über den Einfluß der Radioaktivität auf den Aufbau neuer lebender Substanz. Zellstforsch., Bd. II, Heft 3, 1927.

hältnisse in Luft und Boden. Nach dieser Richtung bedürfen unsere klassischen Auffassungen über die Wirkungsweise des Klimas auf die Lebewesen einer gründlichen Nachprüfung.

Die auf gleichen Ursachen fußenden wachstumsfördernden Resultate Lemströms und Stoklasas bringen eine wichtige Bestätigung meiner Auffassungen der Zellstimulationserscheinungen und der Wichtigkeit derselben für die Gestaltung der Lebens- und Wachstumsprozesse der Organismen.

Samenstimulation durch Röntgenstrahlen

Auch die Röntgenstrahlen haben, in kleinen Dosen angewandt, die Fähigkeit, die Lebensprozesse zu stimulieren, folglich auch die Keimungs- und Wachstumsprozesse der Pflanzensamen zu beschleunigen und zu erhöhen. Den Beweis dafür bringen die Untersuchungen von Groedel und Schneider[1]) an Gartenkressesamen. Bei den Kontrollen, mit unbehandelten Samen angelegt, betrugen die Pflanzen nach 21 Tagen durchschnittlich 8 cm. Ein deutlich üppigeres Wachstum zeigten die Pflanzen, welche aus Samen stammten, die vor der Aussaat, in trockenem Zustand, mit $^1/_{10}$ HED (Hauterythemdosis) bestrahlt wurden. Die durchschnittliche Länge solcher Pflanzen, ebenfalls nach 21 Tagen, war 11 cm. Samen dagegen, welche mit 1 HED bestrahlt wurden, gaben Pflanzen, deren durchschnittliche Länge 10 cm betrug. Dieser Abstieg, ein Zeichen von Überstimulation, wird mit der Erhöhung der Behandlungsdosis deutlicher: Aus Samen, die mit 10 HED bestrahlt wurden, entwickelten sich Pflanzen, die nach 21 Tagen kaum 8 cm Länge erreichten. Von diesen und anderen ähnlichen Versuchen ausgehend, schließen die Verfasser: „Wir dürfen jedenfalls im Ergebnis unserer Forschungen eine Bestätigung der Popoff'schen Theorien sehen. Es gelingt, mit kleinen Röntgendosen einen zellstimulierenden, mit großen Röntgendosen einen zelltötenden Effekt auszulösen."

Vom Standpunkt der Zellstimulationslehre sind auch die wachstumsfördernden Effekte, welche Iven, Bersa, Rochlin und Gleichgewicht u. a.[2]) durch Einwirkung von kleinen Röntgendosen erzielt haben, zu betrachten. So z. B. konnten Rochlin und Gleichgewicht bei Bestrahlung von ganz kleinen Keimlingen von Phaseolus vulgaris finden, daß „diejenigen Pflanzen, die mit $^1/_3$ und $^1/_4$ HED bestrahlt wurden, sich im Verlauf von 15 bis

[1]) Groedel, F. M., und Schneider, E.: Wirken die Röntgenstrahlen stimulierend auf die Zellfunktion? Zellstforsch., Bd. II, Heft 4, 1927.

[2]) Iven, H.: Neuere Untersuchungen über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Pflanzen. Strahlentherapie, Bd. 19, 1925.

Bersa, E.: Strahlenbiologische Untersuchungen I: Zur Frage der Röntgenreizwirkung bei Keimlingen. Sitzb. Ak. d. Wiss., Wien, 1926.

Rochlin, G., und Gleichgewicht, E.: Zur Frage vom biologischen Einfluß der Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen, Bd. 33, 1925.

Linsbauer, K.: Röntgenbiologische Untersuchungen an Mooren und Farnen Ebenda, Bd. 34, 1925.

20, manchmal auch 25 Tagen schneller als die Kontrollserien entwickelten, sowohl hinsichtlich des Wachstums der Haupt- und Seitenwurzeln, als auch des Auftretens des ersten und zweiten Blätterpaares."

Bei allen diesen Versuchen haben wir eine Stimulationsbeeinflussung des gesamten Pflanzenorganismus — in seiner Integrität, und nicht nur in den einzelnen Teilen derselben.

Eine besondere Erwähnung erfordern die Resultate Ivens (1925). (Versuchsobjekt — Vicia faba equina, Soja hispida, Papaver somniferum u. a.) Beim Arbeiten mit abgepaßten Dosierungen hat er gefunden, daß alle Strahlenqualitäten in geringer Intensität wachstumsbeschleunigend, in stärkeren Dosen hemmend wirken, und zwar ist der Grad der Hemmung proportional zu der angewandten Intensität. „Bei den Feldversuchen stellte sich im Mittel zwischen den 4 Härtegraden eine Wachstumsbeschleunigung ein, bei Intensität, die unter ½ HED liegt. Das Größenmaximum wurde erreicht zwischen $^1/_{20}$ und $^1/_{10}$ HED. Bei einer Intensität über 1 HED setzte die Wachstumsstörung ein." Die Wachstumshemmung zeigte sich in Panachierung und Deformierung der Blätter, und zytologisch in Mehrkernigkeit und unregelmäßigen Teilungsfiguren.

Mit der Zeit glich sich der Wachstumsunterschied der geförderten Pflanzen aus.

Interessant ist die Beobachtung, daß bei der Steigerung der Lebenserscheinungen, die durch Vorquellen der Samen bewirkt wird, auch der Einfluß der Bestrahlung wächst. In diesem Falle lag das Größenmaximum zwischen $^1/_{100}$ und ½ HED. Die Hemmung beginnt dann schon über $^1/_{10}$ HED. Diese Beobachtung steht in Parallele mit der größeren Empfindlichkeit der vorgequollenen Samen, die auch bei meinen Samenversuchen mit ultravioletten Strahlen konstatiert wurden.

Bei allen diesen Versuchen haben wir eine Stimulationsbeeinflussung des gesamten Pflanzenorganismus, die sich über die Samenstimulierung hinaus auswirkt.

Auch eine andere große Parallelität zwischen einer strahlenenergetischen Stimulierung und einer Stimulierung durch Behandlung mit chemischen Stimulantien ist die, daß auch nach der Röntgenstimulierung eine Nachwirkung im behandelten Samen zurückbleibt. „Bestrahlte Samen, die eine achtmonatige passive Latenzzeit durchgemacht hatten, zeigten nach der Keimung die gleichen Effekte wie nach sofortiger Aussaat." Wie schon hervorgehoben, konnte Gleisberg (1923—1924) die Nachwirkung der chemischen Stimulation genau ein Jahr nach der Behandlung als noch bestehend nachweisen.

Alles das sind aber wichtige Merkmale, die darauf hindeuten, wie tief und nachhaltig die Stimulierungsumänderungen im Samenzellplasma sind. Bei dieser Nachhaltigkeit der Umänderungen ist

es verständlich, daß eine einmalige Beeinflussung des Samens, wie es die Vegetations- und Feldversuche zeigen, determinierend für die ganze individuelle Entwicklung der stimulierten Pflanzen ist.

Samenstimulierende Wirkung der Hormone

Wie ich auf S. 147 ausführte, habe ich 1916[1]) darauf hingewiesen und diesen Hinweis durch Experimente gestützt, daß die Hormone zellstimulierende Eigenschaften besitzen, worauf ein Teil ihrer funktionellen Bedeutung für den Organismus beruht. Und da jedes Zellstimulans, wie ich das schon so oft seit 1914 hervorgehoben habe, die Fähigkeit besitzt, die Funktionen sowohl der Geschlechtszellen als auch jeder somatischen Zelle zu heben, so müßten die Hormone, als Samenstimulationsmittel angewandt, auch die Keimungsprozesse der Samen heben. In der Tat zeigen die Untersuchungen von Niethammer[2]), daß das Thyreoidin, bei bestimmter Konzentration und optimaler Zeit der Einwirkung, die Samenkeimungsprozesse zu beschleunigen vermag.

Diese Beobachtungen sind eine weitere Stütze der von mir vertretenen (1914) allgemeinen Anschauungen über das Zellstimulationsproblem.

Stimulationsoptima

Schon in meinen ersten Zellstimulationsarbeiten vom Jahre 1914 bis 1915 habe ich darauf hingewiesen, daß die Mineralwasser, je nach ihrer Zusammensetzung, eine bedeutende stimulierende Wirkung aufweisen können. Von diesen Feststellungen geleitet, habe ich dann in den Jahren 1919—1921 bei meinen Samenstimulationsversuchen auch die stimulierende Wirkung des sich in der Umgebung von Sofia befindlichen Mineralwassers von Gornja Banja untersucht. Es zeigte sich, daß die mit diesem Wasser stimulierten Samen (Feldversuche mit Hirse, Mais, Zwiebeln) sich zu Pflanzen entwickelten, welche die Mitte zwischen den Normalkontrollen und den optimal stimulierten Pflanzen einnahmen und sich sogar manchmal den optimal stimulierten Pflanzen näherten. Diese Angaben fanden dann in den Untersuchungen von Gleisberg (1923), später auch von Wallwitz (1925) u. a. ihre Bestätigung.

Wenn man nun die Zusammensetzung solcher stimulierenden Wasser betrachtet, so fällt sofort auf, daß die darin enthaltenen Salzmengen gering sind im Vergleich zu der prozentualen Zusammensetzung der von mir angewandten Stimulationslösungen. Diese günstigen Stimulationsresultate habe ich (1923) daraus zu erklären versucht, daß die Ionenmenge, welche für die Wirkung der

[1]) Popoff, M.: Künstliche Parthenogenese und Zellstimulantien. Biol. Zentralblatt, Bd. 36, 1916.

[2]) Niethammer, A.: Die Beeinflussung ruhender Knospen und der Zellteilung durch Thyreoidea und Zinksulfat. Protoplasma, Bd. II, 1927.

Stimulationslösungen maßgebend ist, bei einer starken Lösungskonzentration und bei einer sehr schwachen Salzverdünnung dieselbe sein kann, da sich im zweiten Falle die ganze Lösung in ionisiertem Zustand befinden würde, „so daß auch theoretisch zu erwarten wäre, daß die stimulierenden Salzlösungen zwei optimale Konzentrationen haben; eine starke und eine äußerst schwache, die sich in bezug auf die freien Ionen annähernd gleich verhalten[1])."

Die durch diese Beobachtungen angeregte genauere Bearbeitung der Frage nach den verschiedenen Stimulationsoptima, was die Lösungskonzentrationen und Zeitdauer der Einwirkung anbetrifft, hat gezeigt, daß diese Zusammenhänge komplizierterer Natur sind als ursprünglich angenommen wurde und daß es sowohl durch Variieren der Komponente Einwirkungszeit als auch der Komponente Lösungskonzentration gelingt, den durch die Stimulationseinwirkung bedingten Verlauf der Wachstumsintensität festzustellen. Es zeigte sich dabei die bemerkenswerte Erscheinung, daß die Stimulationskurve einen wellenförmigen Verlauf mit zickzackartigem Charakter aufweist.

Unabhängig voneinander haben dieses Verhalten Wallwitz (1925) und Konsuloff (1927) untersucht, und zwar Wallwitz durch öfteren Wechsel der Zeitintervalle und Konsuloff durch Wechsel der Konzentrationen bei Beibehaltung ein und derselben Einwirkungszeit. Die Wirkungsweise dieser zwei Behandlungsarten auf den Samen ist letzten Endes dieselbe, was auch an der Ähnlichkeit der dabei festgestellten Wachstumsverlaufskurven zu ersehen ist.

„Angesichts der großen theoretischen und praktischen Wichtigkeit der Frage habe ich, auf Angaben Popoffs gestützt, die stimulierende Wirkung des KBr bei mehreren Konzentrationen und Zeiten der Einwirkung auf Samen zu untersuchen begonnen." (Stimulationsversuche an Spinat von Graf und Gräfin Wallwitz, 1926, Bd. II, Zellstimulationsforschungen.) Als Versuchsobjekt diente Spinatsamen. Es wurde die Wirkung der Lösungen KBr 1 ‰ und KBr 5 ‰ bei folgenden stark variierten Zeiten: 5, 10, 30 Minunten und 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40 Stunden untersucht. Die Samen wurden stimuliert im Dezember 1924, trocken aufbewahrt und am 19. April 1925 ausgesät, d. h. etwa 4 Monate nach der Stimulation. Die Versuche sind in dreimaliger Wiederholung angelegt worden, „dabei wurde begonnen mit der Behandlung von 1 ‰, worauf 5 ‰ folgte und so alternierend die Wiederholungen. Am Anfang und Ende des ganzen Versuchsfeldes, sowie zwischen den einzelnen Wiederholungen wurden Trockenkontrollversuche eingeschaltet. Jede Parzelle bestand aus einer Aussaatreihe von 18 m Länge; von dieser wurden dann jedesmal nur 16 m

[1]) Popoff, M.: Zellstimulantien und ihre theoretische Begründung. 1923.
Gleisberg, W.: Stimulationsnachwirkung bei Samen. Zellstforsch., Bd. I, Heft 1, 1924.

geerntet, indem an beiden Enden je 1 m ausgelassen wurde, so daß nur das Mittelstück erfaßt wurde. Geerntet wurden sowohl die stimulierten Parzellen als auch die Kontrollen am 10. Juni. Die Pflanzen befanden sich gerade in der begonnenen Blüte."

„Die gewonnenen Resultate sind in den beigegebenen Kurven (Abb. 43 und 44) zu ersehen. Mit — — — — sind die Kurven der

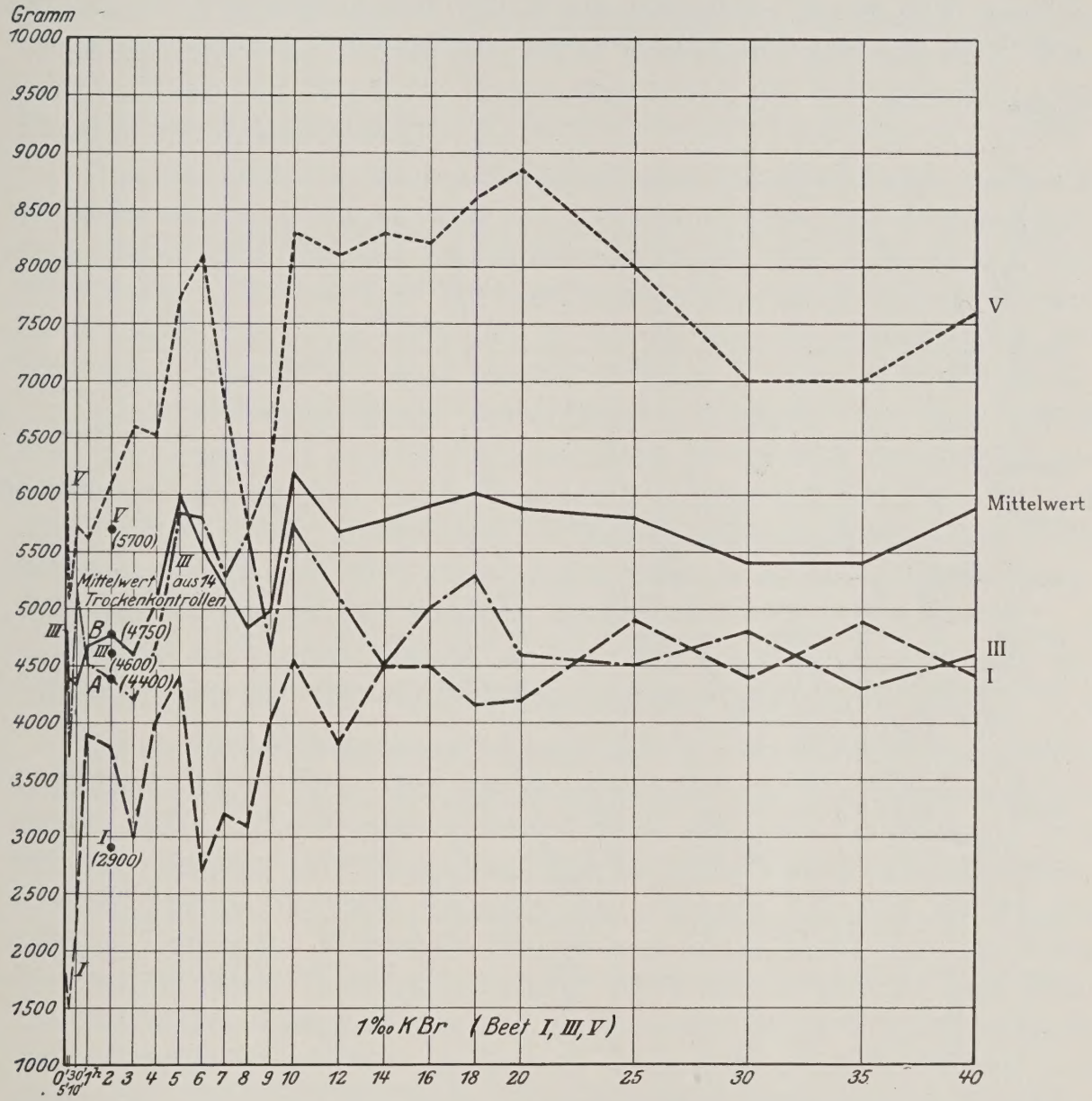


Abb. 43.

Wiederholung I (Konz. 1 ‰) und II (Konz. 5 ‰), mit — · — · — · — die von III (Konz. 1 ‰) und IV (Konz. 5 ‰), mit - - - - - - - - die von V (Konz. 1 ‰) und VI (Konz. 5 ‰) eingezeichnet.

Aus der verschiedenen Höhe der Kurven ist zu ersehen, daß der Boden für die drei Versuchsserien (I und II, III und IV, V und VI) nicht ganz gleich war, vor allem aber verschiedene Vorfrucht und damit auch verschiedene Düngung im Vorjahre gehabt hat. Da aber jede Versuchsserie ihre eigenen Kontrollen hatte, bzw. die Kontrollen, wie schon erwähnt, durch das ganze Versuchsfeld

verteilt lagen, so sind dadurch die relativen Wachstumsverhältnisse zwischen stimulierten Parzellen und Kontrollen doch deutlich wahrnehmbar. Die Mittelwerte der Kontrollen sind für jede „Wiederholung“ auf der entsprechenden Höhe des Koordinatensystemes angegeben. Der mittlere Verlauf der Versuche aus den drei Wiederholungen I, III, V (Konz. 1 ‰), Abb. 43, bzw. II, IV, VI (Konz. 5 ‰), Abb. 44, ist jedesmal durch die voll ausgezogene Kurve angegeben, die aus den Mittelwerten ausgerechnet wurde.

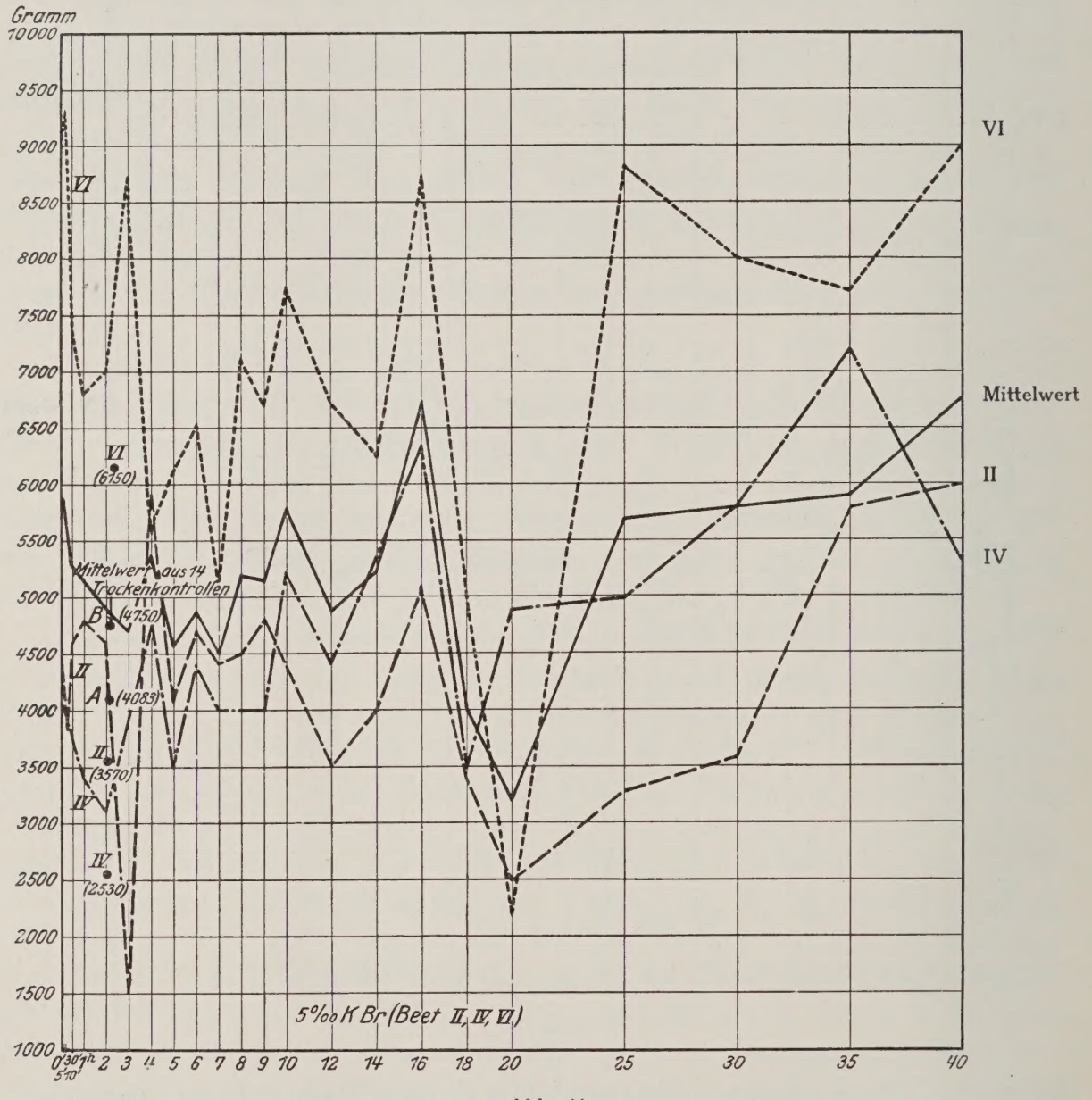


Abb. 44

Die Mittelwerte der Trockenkontrollen für die je drei Wiederholungen der betreffenden Behandlungen (1 ‰ bzw. 5 ‰) sind mit den beigefügten Zahlen bei den Buchstaben A in jeder Abbildung wiedergegeben. Sie belaufen sich auf 4600 g bzw. 4083 g. Zählt man zu den Trockenkontrollen noch die zwei frei am Rand stehenden unbehandelten Pflanzenreihen, die als freistehende Reihen besonders gut entwickelt waren, hinzu, so steigt der ausgerechnete

Mittelwert nunmehr aller Trockenkontrollen noch zugunsten dieser nicht stimulierten Reihen auf 4750 g, wie in Punkt B jeder Abbildung zu ersehen ist.

Beim Durchsehen der Kurven und der für dieselben zugrundeliegenden Zahlen ergibt sich, daß sowohl innerhalb der einzelnen „Wiederholungen", als auch bei den errechneten Mittelwerten die stimulierten Samen höhere Erträge ergeben, als die entsprechenden Trockenkontrollen. Diese Resultate bestätigen die Angaben Popoffs über den Wert der Samenstimulation als ertragssteigernden Eingriff im Pflanzenleben.

Aus den Kurven beider Behandlungsarten ergibt sich noch die auffallende Erscheinung, daß es mehrere Optima der Stimulationseinwirkung gibt, die bei verschiedenen Zeiten der Behandlung auftreten; so z. B. bei den Versuchen mit 1 ‰ etwa bei 5, 10 und 20 Stunden, bei 5 ‰ etwa bei 4, 10, 16 und 40 Stunden der Behandlung. Dazwischen sind ausgesprochene Minima zu beobachten."

„Das Auftreten dieser verschiedenen Optima, die auch schon Popoff und Gleisberg bei ihren Versuchen angedeutet gefunden haben, entgeht vorläufig einer befriedigenden Erklärung. Auf alle Fälle ist dieser eigenartige Verlauf der Stimulationskurven recht bemerkenswert und darf nicht außer acht gelassen werden, besonders bei Versuchen mit wenigen Zeitintervallen." (Wallwitz.)

Denn der Zufall könnte wollen, daß man gerade bei der gewählten Zahl auf den abfallenden Schenkel der Kurve gerät.

Zu ähnlichen Resultaten kommt auch Konsuloff[1]) bei seinen Untersuchungen über die wachstumsfördernde Wirkung verschiedener Stimulationskonzentrationen bei ein und derselben Zeit der Einwirkung. Als Versuchsobjekt benutzte Konsuloff Reissamen, den er vorher sorgsam desinfizierte. Wegen Mangels an reinen Linien verwandte Konsuloff Samen aus Einzelähren und verteilte die Samen jeder Ähre gleichmäßig unter die Versuchs- und Kontrollnummern. Durch solche und andere sehr peinlich durchgeführte Kultivierungsmaßnahmen gelang es Konsuloff „Kontrollserien von mehreren Nummern mit ganz unbedeutenden Wachstumsdifferenzen zu bekommen, während die Versuchsnummern unter dem Einfluß verschiedener Einwirkungen sehr große Schwankungen aufweisen."

Hier gebe ich einige Ergebnisse dieser Untersuchungen wieder:

Versuche mit $AgNO_3$

Ausgangslösung 0,80 g pro Liter. Behandlung der Samen 40 Stunden. Dann wurden die Samen ausgewaschen und weiter in Leitungswasser kultiviert. Resultat:

[1]) Konsuloff, St.: Stimulationsuntersuchungen an Reissamen. Zellstforsch., Bd. II, Heft 2, 1928.

Verdünnung der Ausgangslösung	Mittlere Länge der Keimlinge in mm
1/25	23,25
1/50	30,70
1/100	41,55
1/200	44,10
1/400	**14,20**
1/800	23,10
1/1600	32,00

Entsprechende Ergebnisse zeigten auch andere ähnliche Versuche:

Verdünnungen	Mittlere Länge
1/12,5	32,15
1/25	33,95
1/50	39,10
1/100	33,35
1/200	17,75
1/400	**14,40**
1/800	36,20
Kontrolle	35,45

Versuche mit $CuSO_4$

Als Ausgangslösung diente die Normallösung. Es wurden folgende Konzentrationen bei Behandlung der Samen von 36 Stunden untersucht:

Verdünnung der Ausgangslösung	Mittlere Länge der Keimlinge in mm
n/100	25,35
n/500	20,35
n/1000	26,40
n/5000	28,30
n/25,000	31,05
n/125,000	25,70
n/625,000	36,80
n/3,125,000	34,65
n/15,625,000	36,45
n/78,125,000	32,15
n/390,625,000	38,55
n/1,953,125,000	1,80
Kontrolle	244,70

Das Diagramm von diesem und anderen ähnlich ausgefallenen Versuchen ist in der Abb. 45 wiedergegeben.

„Auf dem beigegebenen Diagramm (Abb. 45) sind auch die Kurven zweier Kontrollserien schematisch dargestellt, deren eine 5, die andere 7 Nummern enthält. Wenn man diese zwei Kurven mit denjenigen vergleicht, die die Ergebnisse der Behandlung mit $CuSO_4$

darstellen, so wird die unregelmäßige Reihe der $CuSO_4$-Wirkung sehr augenscheinlich."

Den Verlauf dieser Stimulationskurven mit ihren verschiedenen optimalen Einstellungen versucht Konsuloff aus seinen Auffassungen der Stimulationserscheinungen als Ausdruck kolloidaler Veränderungen zu erklären und seine Befunde in Parallele mit den bekannten „Unregelmäßigen Reihen" bei den Koagulationserscheinungen der Kolloide zu bringen.

„Die angegebenen Versuche mit $AgNO_3$ und $CuSO_4$ zeigen uns deutlich, daß wir bei der Einwirkung einer chemischen Substanz auf den Organismus „unregelmäßige Reihen" des Wachstums beobachten können, wie bei der Koagulation der Kolloide. Einer Konzentration entspricht ein gewisser Grad der Zelltätigkeit, deren Ausdruck das entsprechende Wachstum ist. Verdünnt man die Substanz, kommt es zu einer Änderung der Zelltätigkeit, sagen wir, zu einer

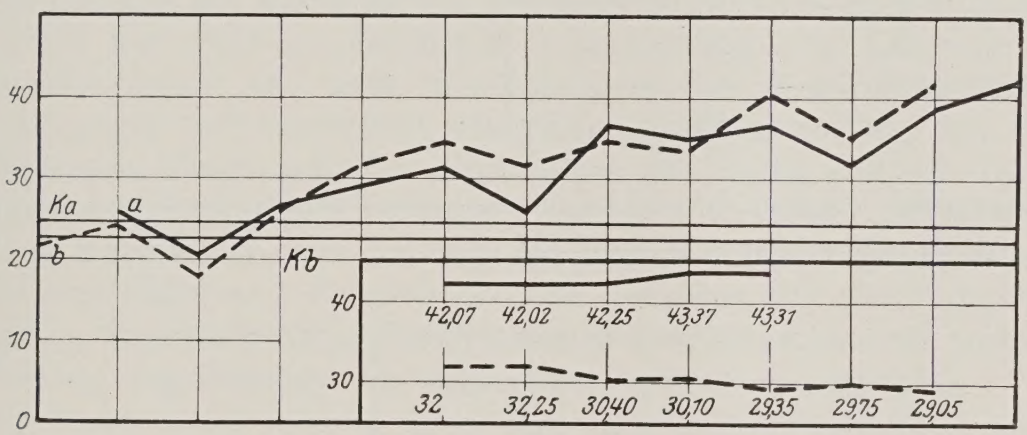


Abb. 45.

Hebung derselben. Verdünnt man weiter, so kommt es wieder zu einer Senkung, dann wieder zu einer Hebung der Lebensprozesse usw. Die Lebenskurve bei der Einwirkung einer chemischen Substanz in verschiedenen Konzentrationen ist also nicht eine einheitliche Kurve mit Maximum, sondern eine Kurve mit mehreren hohen und niedrigen Punkten. Dieser Parallelismus zwischen den unregelmäßigen Reihen bei der Koagulation der Kolloide und bei der Zelltätigkeit trägt zur Unterstützung der schon erwähnten Auffassung bei, daß wir bei der Änderung des Lebenstempos das Einwirken derselben Kräfte erblicken können, die auch bei den Koagulationserscheinungen der unbelebten Kolloide zu erblicken sind. Die hier mitgeteilten Beobachtungen finden auch eine Stütze in den früheren diesbezüglichen Feststellungen.

So haben Popoff und Seisoff durch eingehende Versuche gezeigt, daß die Quellungserscheinungen der kolloidalen Substanzen und die Stimulationserscheinungen in Parallele stehen und daß beide mit genau denselben Mitteln, die Popoff als Zellstimulationsmittel zusammengefaßt hat, gleichmäßig und parallel beeinflußt werden."

Abgesehen von den theoretischen Erklärungen, die man dem Auftreten der verschiedenen Optima geben kann, verdienen die Befunde Wallwitz' und Konsuloffs in Anbetracht ihrer theoretischen und praktischen Bedeutung eine weitere eingehende Untersuchung und Bearbeitung.

Zu ganz ähnlichen Feststellungen, d. h. zur Konstatierung eines periodischen Verlaufes der Keimungskurven kommt auch H. Lundegårdh[1]) bei seinen Untersuchungen über die Wirkung von Beizstoffen — $CuSO_4$ und $HgCl_2$ auf die Triebenergie der Weizenkörner (1924). Z. B. beim Beizen mit 0,01 n $HgCl_2$ findet er folgende Werte:

Zeit der Beizung	Triebenergie
5 Minuten	**65** %
10 „	60 „
20 „	65 „
30 „	40 „
45 „	**85** „
60 „	35 „

Dasselbe Verhalten geht auch aus dem folgenden Versuch, ebenfalls mit $HgCl_2$-Lösungen, hervor:

Konzentration	Keimprozent	Wurzellänge
n/∞ $HgCl_2$	36 %	10—20 mm
n/1,000,000	15 %	2—8 „
n/500,000	40 %	4—8 „
n/100,000	19 %	5—18 „
n/50,000	16 %	5—12 „
n/10,000	17 %	2—5 „
n/1000	4 %	0—2 „

Dieser wellenförmige Verlauf der Wachstumskurve entsteht folglich sowohl bei Variierung der Lösungskonzentration allein, als auch bei Variierung der Einwirkungszeiten. „Die Keimenergie der Samen wird durch steigende Mengen aufgenommener Cu-Ionen periodisch verändert. Sehr kleine Cu-Mengen hemmen, etwas größere Mengen hemmen nicht, bzw. begünstigen, noch größere Mengen hemmen wieder usw. Allem Anschein nach wiederholen sich die Perioden mehrmals."

[1]) Lundegårdh, H.: Studien über die Wirkung der pflanzenpathologischen Beizmittel. Biol. Zentralblatt, Bd. 44, 1924.
Derselbe: Über die Interferenzwirkung von Wasserstoffionen und Neutralsalzionen auf Keimung und Wachstum des Weizens. Bioch. Zeitschr., Bd. 149, 1924.

Aus seinen Versuchen zieht L u n d e g å r d h Schlußfolgerungen für die Konzentrations- und Anwendungszeit der Beizmittel in der Praxis.

Dieser periodische Verlauf der Beizkurven steht in vollkommener Parallele mit dem Verlauf der Stimulationskurven. Dieses Verhalten spricht zugunsten der von mir vertretenen Auffassung, daß die meisten Beizmittel in bestimmten Konzentrationen und bei bestimmter Einwirkungszeit angewandt, die Eigenschaften von mehr oder weniger stark wirksamen Stimulationsmitteln aufweisen können.

Nach der vorangegangenen Wiedergabe meiner eigenen bzw. durch mich angeregten Feldversuche über Samenstimulierung will ich als weitere Beweisführung auch einige Angaben anführen, die von Versuchen stammen, welche von anderer Seite als Nachprüfung bzw. weitere Verfolgung meiner Ergebnisse unternommen worden sind. Dabei will ich ausdrücklich betonen, daß ich bei dieser Wiedergabe nicht auf eine erschöpfende Besprechung der Literatur der letzten zehn Jahre, die nach Erscheinen meiner Samenstimulationsuntersuchungen entstanden ist, eingehen, sondern nur aus der Fülle der Versuche einige positive Ergebnisse als Beleg für die Samenstimulationswirkung herausnehmen will. Von einer Wiedergabe negativer Ergebnisse, wie ich dies im Vorwort hervorgehoben habe, will ich hier absehen. Es wird die Zeit kommen, wo diese negativen Ergebnisse ihre befriedigende Erklärung finden und so zur weiteren Begründung des Zellstimulationsproblems beitragen werden.

Ich kann nicht umhin, hier auf eine Eigentümlichkeit hinzuweisen, die ich bei der kritischen Wertung von Stimulationsversuchen oft gefunden habe. Bei jedem negativ ausgefallenen Versuch wurde ohne weiteres die Versuchsanordnung als richtig angenommen und der Versuch als gegen die Stimulationslehre sprechend bewertet. Demgegenüber aber wurde meistens bei jedem positiv lautenden Versuch die Richtigkeit seiner Anstellung bezweifelt.

F e l d s t i m u l a t i o n s v e r s u c h e W. G l e i s b e r g s

Bei der Wiedergabe der Samenstimulationsversuche will ich an erster Stelle die Arbeiten Prof. W. G l e i s b e r g s erwähnen, da sie durch ihre klare Problemstellung vielfach zur Präzisierung von mir ermittelter Befunde und zum weiteren Fortschritt der Zellstimulationsfrage beigetragen haben.

In seinen Arbeiten hat Gleisberg vor allen Dingen großen Wert darauf gelegt, die Beeinflussung der Keim- und Triebenergie der mit Stimulationsmitteln behandelten Samen zu erforschen, die Zusammenhänge, welche zwischen diesen wichtigen Keimungsmomenten und den späteren Wachstumsvorgängen der stimulierten Samen bestehen, näher zu ergründen und ihre Bedeutung für das Samenstimulationsproblem hervorzuheben.

„Betrachtet man die Saatgutstimulierung als keimungsphysiologisches Problem, so kann damit eng begrenzt nur die Auswirkung der chemischen Vorbehandlung auf den Keimungsvorgang gemeint sein. Man kann die Betrachtung aber weiter führen und die Beziehung aller Vorgänge des Vegetationsablaufs zu dem Keimungsverlauf aufdecken, um das evtl. kausale Verhältnis der Keimleistung zur Lebensleistung festzustellen. Bevor diese Frage behandelt werden kann, die, wie alle die Keim- und Triebkrafts- neben der Wachstumsbeeinflussung beachtenden bisherigen Stimulationsversuche gezeigt haben, gerade praktisch von großer Bedeutung ist, muß Klarheit über die Primärauswirkung der chemischen — auch physikalischen — Agentien auf die Keimung und deren biochemischen Grundlagen gewonnen werden[1])."

Von diesen Überlegungen ausgehend, versucht Gleisberg in die kolloidalchemischen Umänderung des Samenplasmas durch Einwirkung der in den Stimulationsmitteln enthaltenen Elektrolyten und deren Ionen einzudringen und daraus die Reaktionsverschiedenheit der Samenarten, gegenüber den verschiedenen Stimulationsmitteln, verständlich zu machen: Und da die Stimulationsbehandlung eine Erhöhung der Keimenergie zur Folge hat, „ist man leicht geneigt, nur in dieser zahlenmäßigen Überlegenheit die Wirkung einer Vorbehandlung zu sehen. Aber auch bei nicht zahlenmäßiger Überlegenheit des Keimprozesses kann eine in der Quellungs- und Ionenwirkung begründete tiefgreifende plasmatische Veränderung vorliegen, die sich im weiteren Entwicklungsablauf auswirkt." Trotzdem glaubt Gleisberg, daß die wachstumsfördernde Wirkung einer Stimulationsbehandlung möglicherweise primär auf einem anderen Gebiete liegen könne.

Von welchem Standpunkt man aber auch die Ursachen der Reaktionsumänderungen im Keimungsprozeß nach einer Stimulationsbehandlung betrachten mag, so bleibt ihre Bedeutung für die späteren wachstumsfördernden Vorgänge bestehen, wie dies aus den folgenden Versuchen Gleisbergs zu ersehen ist[2]).

---

[1]) Gleisberg, W.: Saatgutstimulierung als keimungsphysiologisches Problem, Pflanzenbau, Nr. 2, 1925.

Derselbe: Über Beizen und Stimulieren. D. Obst- und Gemüsebauzeitung, Nr. 12, 1925.

[2]) Gleisberg, W.: Stimulationswirkung bei Samen. Zellstforsch., Bd. I, 1924.

Derselbe: Reifebeginn, Ertrag und Samenstimulation bei Tomaten. Zellst.-forsch., Bd. I, 1924.

Derselbe: Der praktische Wert von Zellstimulation. Landw. Jahrbücher, Bd. 59, 1923.

Derselbe: Beispiel einer Ertragssteigerung durch Saatgutstimulierung. Ill. Landw. Ztg., Nr. 17, 1924.

Derselbe: Neuere Gesichtspunkte der Saatgutstimulierung. D. landw. Presse, Nr. 48, 1924.

Derselbe: Ertragssteigerung und Saatgutstimulierung. D. Obst- und Gemüseztg., Nr. 19, 1923.

Derselbe: Saatgutbeizung und Stimulierung. Ill. landw. Ztg., Nr. 24, 1923.

1. Stimulationsversuch mit Futterrübe „Eckendorfer Rote“ (Proskau, 1923). Stimulationslösung $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰:

		Krautgewicht	Rübengewicht
1.	Unbehandelt	330 Pfd.	2186 Sfd.
2.	Wasser 3 Stunden (mineralhaltiges, stimulierendes Wasser)	375 „	2319 „
3.	Stimuliert 3 Stunden	395 „	2420 „
4.	Stimuliert 4 Stunden	345 „	2007 „

Die optimale Stimulationseinwirkung bei diesem Versuch liegt bei 3stündiger Behandlung.

Dieselben Abstufungen zeigt auch der Keimungsversuch, und zwar nach einjähriger Aufbewahrung des stimulierten Samens:

Stimuliert 21. 3. 1923. — Gekeimt 27. 3. 1924.

	Knäuel (von 100 Stück) gekeimt am										Samen gekeimt am									
	23. 3. 10 Uhr vorm.	24. 3. 8 Uhr vorm.	24. 3. 11 Uhr vorm.	24. 3. 3 Uhr nachm.	24. 3. 5 Uhr nachm.	25. 3. 8 Uhr vorm.	25. 3. 5 Uhr nachm.	26. 3. 4 Uhr nachm.	27. 3. 8 Uhr nachm.	Zusammen	23. 3. 10 Uhr vorm.	24. 3. 8 Uhr vorm.	24. 3. 11 Uhr vorm.	24. 3. 3 Uhr nachm.	24. 3. 5 Uhr nachm.	25. 3. 8 Uhr vorm.	25. 3. 4 Uhr nachm.	26. 3. 4 Uhr nachm.	27. 3. 8 Uhr vorm.	Zusammen
1.	—	—	—	—	1	16	6	10	8	41	—	—	—	—	1	23	12	11	12	59
2.	1	8	1	3	9	3	5	8	5	43	1	11	1	3	14	10	8	12	8	68
3.	**6**	14	6	8	1	8	6	4	12	**65**	**7**	20	8	8	5	18	9	12	14	**101**
4.	—	1	3	3	2	13	7	6	13	48		1	4	4	2	18	13	23	16	81

2. Stimulationsversuch mit Radieschen

Aus Keimzahl und Durchschnittsgewicht errechneter Ertrag:

		Anzahl	Gewicht g
1.	Unbehandelt	130	425
2.	H_2O, 3 Std. { mineralhaltiges stimulierendes Wasser . . .	152	490
3.	$MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰, 2 Std. . .	155	**1555**
4.	„ „ 3 „ . . .	144	1158
5.	„ „ 4 „ . . .	135	633

Derselbe: Saatgutstimulierung, ein neuer Weg zu höheren Erträgen. D. Obst- u. Gemüsebauztg., Nr. 4, 1924.

Derselbe: Die Zellstimulation, besonders in ihrer landw. und gärtnerischen Bedeutung. Naturwissenschaften, Heft 25, 1925.

Derselbe: Stimulation mit besonderer Berücksichtigung gärtnerischer Kulturgewächse. Der deutsche Erwerbsgartenbau, Nr. 26, 1925.

Derselbe: Pflanzenkartoffelstimulierung. Zellstforsch., Bd. I, Heft 2, 1924. Forts. Bd. I, Heft 3, 1925.

Derselbe: Pflanzenkartoffelstimulierung. Pflanzenbau, Nr. 2, 1924.

Derselbe: Stimulationsversuche in der Gärtnerei. Der Obst- und Gemüsebau, Heft 24, 1926.

Die Keimzahlen und Keimprozente bei diesem Versuch waren folgende:

	30. 4.	1. 5.	2. 5.	3. 5.	4. 5.	Insgesamt	%
1.	1	32	**76**	11	10	130	**43**
2.	—	59	**69**	18	5	151	50
3.	4	32	**94**	15	3	148	49
4.	1	36	**94**	16	7	154	**51**
5.	7	22	**83**	15	8	135	45

Dieser Keimversuch zeigt in Parallele mit den Ergebnissen des Feldversuches, daß die optimale stimulierende Behandlung zwischen 2 und 3 Stunden liegen wird.

3. Stimulationsversuch mit Tomaten

Stimulationslösung $MgSO_4$ 20 ‰ + $MnSO_4$ 10 ‰.

a) Behandlung des Samens 4 Stunden, b) Behandlung des Wurzelsystems von Keimlingen 5 Minuten.

„Auf zwei verschiedenen Wegen wurde versucht, stimulierend auf die Keimpflänzchen einzuwirken: einerseits wurden eben gekeimte Samen aus dem Keimapparat 5 Minuten in eine Popoffsche Stimulationslösung übergeführt, andererseits wurden am 2. 4. 1923 Samen mit einer Lösung derselben Salzkombination 4 Stunden behandelt und ausgesät."

Ertrag von 4 Pflanzen:

	Ertrag von 4 Pflanzen			
	Sorte „Goldball"	Sorte „Ruhm"	Sorte „Schöne v. Lothringen"	Sorte „Fürst Borghese"
Unbehandelt	8 245 g	7 450 g	9 200 g	5 175 g
Keimlinge behandelt	9 400 „	8 150 „	9 450 „	9 225 „
Samen behandelt . .	10 375 „	10 900 „	10 275 „	9 500 „

Beim Keimversuche war der Keimbeginn verschoben, „so daß z. B. die Keimenergiefeststellung bei Borghese statt am neunten, schon am fünften Keimtage erfolgen konnte. Auch bei diesen Versuchen steht die Hebung der Keimenergie in ziemlicher Parallele mit den ertragssteigernden Resultaten der Feldversuche." „Die Möglichkeit einer günstigen Beeinflussung des Erntebeginnes und einer Förderung des Ertrages durch Stimulation ist also naheliegend, zumal auch von anderen Pflanzen bekannt ist, daß eine Begünstigung der Keimentwicklung zu einer Förderung des Individualwachstums führt, eine Frage, die zur Zeit eine besondere Bearbeitung vor allem im Hinblick auf die Stimulationswirkung erfährt."

4. „In einer anderen Versuchsreihe wurden je 100 Samen der Kohlrabisorten: weiße Goliath und blaue Delikateß — fünf

Stunden in Wasser gequollen, bzw. fünf Stunden in $MgCl_2$-Lösung (5 ‰) getaucht. Die Tabelle zeigt einerseits die Keimzahlen pro Tag der Keimperiode (19. 3. bis 26. 3. 1923) und zusammengefaßt

Sorte (je 100 Samen pro Behandlung)		19. 3.	20. 3.	21. 3.	22. 3.	23. 3.	24. 3.	25. 3.	26. 3.	Zusamm.	Ernte (Durchschnittsgewicht) ohne Kalk g	mit Kalk g
Weiße Goliath	Wasser 5 Std.	48	22	1	6	1	1	—	—	79	109,5	100,0
	$MgCl_2$ 5 ‰ 5 Std.	43	26	7	4	1	2	—	1	84	122,7	151,8
Blaue Delikatess	Wasser 5 Std.	12	30	9	4	—	—	—	—	55	80,7	75,8
	$MgCl_2$ 5 ‰ 5 Std.	35	21	11	8	—	—	—	2	77	80	97,2

die Gesamtzahl der je Sorte und Behandlung gekeimten, andererseits das Durchschnittsgewicht pro Sorte und Behandlung geernteten, vom Strunk abgeschnittenen Kohlrabipflanzen auf zwei verschiedenen Parzellen, einer gekalkten und einer ungekalkten. Die drei Reihen lassen die Wirkung der verschiedenen Behandlung folgendermaßen gruppieren:

Weiße Goliath	Mg-Lösung	84	151,8 g	122,7 g
	Wasser	78	100,0 „	109,5 „
Blaue Delikatess	Mg-Lösung	77	97,2 „	80,7 „
	Wasser	55	75,8 „	80,0 „

Bis auf eine Unregelmäßigkeit stimmen die drei Reihen überein, und im ganzen zeigt sich, daß die Stimulierungswirkung einerseits in einer Erhöhung der Keimzahl, andererseits in Massenertragssteigerung pro Pflanze bzw. im Durchschnitt der Pflanzen besteht."

5. Stimulationsversuch mit Kartoffeln

Stimulationslösung $MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ 15 ‰. Einwirkungsdauer 1 Stunde. Jede Parzelle mit je 30 Stück Kartoffeln, zusammen von je 3 Pfund Gewicht.

Leitungswasser (2 Parzellen) . 59 Pfd. 25 g
Stimulierte Parzellen (2) . . 73 Pfd. 400 g

Das Laub der stimulierten Parzellen zeichnete sich durch dunklere Färbung aus.

Die unbehandelten Parzellen waren am 5. September — Tag der Ernte — mit abgestorbenem Laub, die stimulierten dagegen noch grün. Also es zeigte sich auch hier ein ähnliches Verhalten wie bei meinen schon besprochenen Kartoffelversuchen; auch hier war eine Verlängerung der Wachstumsperiode zu beobachten.

„Schon der Keimverlauf wird durch die Einwirkung einer stimulierenden Lösung modifiziert. Die Keimenergie und Keimkraft können gefördert werden."

Kartoffelkeimversuch	Ausgekeimte Augen (Knollengröße gleich; je 10 Stück)	
	Sorte „Richter Jubel“	Sorte „Rosa“ usw.
Unbehandelt 1	66	
„ 2	69	30
Stim. KJ 2 $^0/_{00}$ $^1/_2$ Std.	**70**	28
„ 1 „	**70**	**35**
„ $1^1/_2$ „	67	**35**
„ 2 „	61	33
„ 32 „	41	24 (25 Std.)

Durch weitere Arbeiten hat Gleisberg[1]) die Beziehungen zwischen Keimleistung und Lebensleistung der Samen noch weiter analysiert und vertieft. Er hat dadurch die Tatsache, daß sich eine stimulierende Einwirkung in der gesamten Lebensleistung der Samen auswirkt, dem Verständnis näher gebracht. „Wäre es möglich, eine Beziehung — etwa Parallelität — der Lebensleistung zur Keimleistung bei normalem Saatgut festzustellen, dann würde damit auch zum Verständnis des Wesens der Reizwirkung (Stimulationswirkung) gewisser Substanzen auf Saatgut ein grundlegender Hinweis gegeben sein. Dann wäre vielleicht auch daran zu denken, allein durch Prüfungen der Keimleistung nach einer Reizbehandlung zu Schlüssen über den physiologischen Wert bestimmter chemischer Agentien zu kommen und in einfachen Laboratoriumsversuchen optimale Konzentrationen und optimale Einwirkungszeiten festzustellen. Bevor die Beziehung Keimleistung — Lebensleistung festgestellt ist, haben Voraussagen für den Effekt im Ernteertrage aus dem im Keimungsverlauf beobachteten Reizeffekt keinen höheren Wert als den von Vermutungen.“ (1928. Die experimentellen Untersuchungen, die zu dieser Fragestellung führten, stammen von 1924.) „In der Erscheinung der „Stimulationsnachwirkung bei Samen“ wurde die Stimulationswirkung, die vorher als kurzfristiger physiologischer Zustand unter dem direkten Einfluß der Lösung erschien, als anhaltend erwiesen. Die Nachwirkung bedeutet eine Fixierung der Wirkung des chemischen Agens nach erfolgter Trocknung der Samen und Auftreten des Behandlungseffektes bei der Keimung. Sie läßt in den mit Salzlösungen behandelten Samen einer erblichen Varietät ähnliche Plasmazustände vermuten. Der Vergleich mit den erblichen Unterschieden der Tomatensorten (hier wird auf die Arbeit Gleisbergs „Reifebeginn, Ertrag und Samenstimulation bei Tomaten“ hingewiesen) in der Relation Keimleistung — Lebensleistung liegt nahe und läßt eine Verknüpfung der offenbar durch die Salzlösungsbehandlung der Samen veränderten Lebensleistung und der Keimleistung vermuten.“

[1]) Gleisberg, W.: Beziehungen der Keimkurve zur Jugendentwicklung bei Salat. Die Gartenbauwissenschaft, I, 1928.

„Wie weit die Bewertung der Keimleistung der der Lebensleistung zuzuordnen ist, kann entweder die zahlenmäßige Feststellung der Lebensleistung sämtlicher aus einer Keimperiode hervorgehenden Pflanzen in der Reihenfolge des Keimens bringen: die Individualzuordnung — oder der Vergleich von Gruppen. Eine Gruppenzuordnung liegt vor, wenn die Lebensleistungen zweier wesentlich verschiedener Keimperioden miteinander verglichen werden. — Eine Gruppenzuordnung wäre auch der Vergleich der Lebensleistung der im ersten Abschnitt einer Keimperiode gekeimten Samen mit den Spätkeimern."

Für die Erforschung dieser Verhältnisse verwandte Gleisberg neben unbehandelten Salatsamen auch solche, die mit den Stimulationslösungen I. $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ und II. KBr 20 ‰ — 1, 1½, 2 und 2½ St. behandelt waren.

Und er konnte durch eine eingehende Individual- und Gruppenanalyse der unbehandelten und behandelten Samen feststellen, daß die Samen der ersten Halbperiode nicht nur besser keimten, sondern auch besseren Pflanzen den Ursprung gaben, „während der weiteren Entwicklung ist mehr oder weniger deutlich ein Vorauseilen der Töpfe der ersten Halbperiode zu beobachten. Besonders stark tritt der Unterschied der beiden Töpfe bei Behandlung II, 1½ Stunden hervor, der Behandlung, die auch die günstigste Keimleistung aufzuweisen hatte." Dabei „besteht Übereinstimmung des Höchstertrages bei II 1½ Stunden mit der besten Keimleistung."

Die Pflanzen der Samen der ersten Hälfte der Keimperiode entwickelten sich kräftiger als die der zweiten Halbperiode, was für eine größere Lebensenergie der Pflanzen der ersten Halbperiode spricht. „Die verschiedene Lebensenergie der Pflanzen der ersten und zweiten Halbperiode steht in Parallele zur Keimleistung: der ersten Hälfte der Keimperiode mit dem Hauptkeimstoß, den sie umfaßt, entspricht der höhere Gewichtsertrag der aus den Erstkeimern entwickelten Pflanzen."

Und eine sehr wichtige Feststellung bei diesen Untersuchungen ist die, daß durch die Stimulation eine Verschiebung des Hauptimpulses bei der Keimung nach der ersten Halbperiode stattfindet: Die Gesamtdauer der Keimperioden der unbehandelten und behandelten Samen ist zwar fast gleich lang, „wobei freilich zu beachten ist, daß nach der Behandlung mit KBr schon 10 Stunden nach der ersten Keimung 90 Keimungen in jeder Reihe überschritten sind (93, 93, 94 und 90), während dasselbe bei den unbehandelten Samen erst nach 19 Stunden der Fall ist (94, 91, 92, 94)." Leider konnte bei dem Vorversuch der Zusammenhang zwischen der geförderten Keimleistung und einer geförderten Lebensleistung nicht einwandfrei festgestellt werden. Dieser Zusammenhang ist aber nach allen vorhergehenden Versuchen mit Bestimmtheit zu erwarten, denn

diese Versuche haben unzweideutig erwiesen, daß „die Keimleistung der ersten und zweiten Halbperiode in Parallele zu unterschiedlicher Lebensleistung steht. Der ersten Halbperiode mit dem Hauptkeimstoß, der offenbar die lebenstüchtigsten Samen umfaßt, entspricht der höhere Gewichtsertrag. Die schwächere Keimleistung der Samen der zweiten Halbperiode ist nur ein Ausdruck ihrer allgemein geringeren Lebensenergie. Der Ertragsunterschied der ersten und zweiten Halbperiode ist sowohl in der „Unbehandelt" als auch in der KBr-Reihe gesichert."

Diese Untersuchungen Gleisbergs, deren wichtige Resultate ich hier nur kurz wiedergegeben habe, zeigen 1. daß ein ursächlicher enger Zusammenhang zwischen Keimleistung und Lebensleistung besteht und daß die durchschnittlich beste Lebensleistung im Bereich des größten Keimimpulses steht, und 2. daß durch die Stimulationseinwirkung dieser größte Keimimpuls nach vorne — in die erste Halbperiode — verschoben wird.

Diese Feststellungen geben die Grundlage für die Erklärung des Zusammenhanges zwischen der Umänderung der Keimleistung nach einer Stimulationsbehandlung der Samen und der darauf folgenden, über jedem Zweifel stehenden, Auswirkung der Stimulationseinwirkung auf die gesamte Lebensleistung der aus dem optimal stimulierten Samen entstandenen Pflanzen. Außerdem, worauf Gleisberg hinweist, eröffnen diese Feststellungen auch einen gangbaren und aussichtsreichen Weg für die praktische Züchtung, und zwar zu einer Keimungsauslese nach dem Hauptimpuls der Keimperiode.

Besonders interessant ist für uns hier die Möglichkeit, diese Auslese auf stimulierten Samen auszudehnen. Wie ich auf S. 237 und 276—279 dieser Abhandlung ausführte, konnten meine und meines Mitarbeiters G. Paspaleff Versuche eine Nachwirkung der Samenstimulation auch in der zweiten Generation nachweisen. (Versuche an Buchweizen 1923.) Die besser entwickelten Samen der stimulierten Pflanzen ergaben nach der Aussaat ohne nachträgliche neuerliche Stimulierung besseren Pflanzen den Ursprung. Diese Stimulationsnachwirkung könnte, mit den Samenselektionsmethoden verknüpft, zur gegenseitigen Hebung der Leistungen dieser beiden Methoden führen, und zwar sehr viel präziser bei Anwendung der vorher besprochenen Gleisbergschen Feststellungen. Es würde eine lohnende Aufgabe sein, bei wiederholten Stimulationen im Laufe von Generationen gleichzeitig jedesmal auch eine Auslese der Samen von den stimulierten Pflanzen nach dem Hauptkeimungsimpuls durchzuführen und diese mit der besten Lebensenergie und der besten Lebensleistung ausgestatteten Samen zur weiteren Stimulierung zu benützen. Man würde auf diese Weise sicherlich zur Züchtung

von besonders lebensfähigen und ertragsfähigen Pflanzenkultursorten gelangen.

Aus diesen Versuchen Gleisbergs ist ersichtlich, wie wichtig und notwendig für die richtige Anpassung der Samenfeldstimulationsversuche es ist, eine eingehende vorherige Analysierung der Keimungsergebnisse der verschiedensten Samenarten unter Beeinflussung der Stimulationsagentien durchzuführen.

Wenn auch diese Ergebnisse vielfach keine getreue Wiedergabe der späteren Wachstumsvorgänge der stimulierten Pflanzen darstellen, so geben sie doch im großen ganzen die Hauptlinien der späteren Entwicklungsrichtung an.

Um eine größere Genauigkeit der Laboratoriums-Samenstimulationsversuche zu erzielen, ist es außerdem notwendig, wenn durchführbar, eine Auswahl der Samen der Größe nach zu treffen, denn die Untersuchungen Gleisbergs[1]) haben gezeigt, 1. daß sich der Größenunterschied der Samen in verschiedener Keimleistung ausprägt, und zwar so, daß die Keimleistung (Keimenergie und Keimkraft) der größeren Samen eine größere ist und 2. daß eine Gleichsinnigkeit der Lebensleistung (festgestellt an Triebleistung, Keimblattöffnung, Laubblattentwicklung und am Ertrag) mit der Keimleistung bei den benutzten Samengrößen besteht.

Durch die Vorsichtsmaßnahme der ausgewählten Samengrößen würden die Fehler, die bei Laboratoriumsversuchen von der verschiedenen Lebensleistung der verschieden großen Versuchssamen entstehen könnten, beseitigt.

Ich möchte es nicht unterlassen, hier auch auf eine technische Anregung A. Niethammers[2]) (1930) bei der Anstellung von Samenstimulationsversuchen hinzuweisen, welche die Erreichung einer größeren Präzision der Keimungsversuche durch eine richtige Auswahl des Versuchsmaterials anstrebt.

Durch eingehende Versuche hat Nithammer feststellen können, daß die verschiedene Luminiszenz von gesunden und pilzbefallenen Samenkörnern, sowie auch von frischem bzw. altem Saatgut bei Beleuchtung des Saatgutes mit der Analysenlampe (ultravioletten Lampe) ausgenützt werden könnte, um die Keimungsqualitäten festzustellen. „Pilzinfizierte und gesunde Körner können an ihrer verschiedenen Luminiszenz unterschieden werden. Da nun schlechte Keimfähigkeit oft durch Pilzinfektion bedingt ist, so kann in einem Falle die Unterscheidung mit der Lampe ein praktisch wertvolles Ergebnis liefern und vor allem zeigen, daß hier ein geeignetes Material für Stimulationsversuche ist."

[1]) Gleisberg, W.: Der Einfluß der Samengröße bei Radieschen auf Keim- und Lebensleistung. Die Gartenbauwissenschaft, Bd. I, Heft 2, 1928.

[2]) Niethammer, A.: Physiko-chemische Grundlagen für Stimulationsmessungen. Zellstforsch., Bd. III, Heft 4, 1930.

In den letzten Jahren sind eine Anzahl Keimungsuntersuchungen erschienen, so von Giesevius, Gassner, Nithammer u. a., allerdings selten in der Verknüpfung zwischen Keimungs- und Feldversuchen, welche sich mit der Wirkung der von mir angegebenen oder nach den von mir gezeigten Richtlinien hergestellten bzw. neu hinzugezogenen Stimulationslösungen beschäftigen. Es ist hier hervorzuheben, daß bei richtiger und detaillierter Durchführung der Versuche gewöhnlich auch positive Stimulationseinwirkungen festzustellen waren, so daß die meisten Untersucher nach dieser Richtung wohl der Meinung sind, daß die von mir bei der Samenstimulierung hervorgehobene Intensivierung der Lebenspotenzen im Keimungsstadium zu Recht besteht. Ich brauche aber hier nicht zu leugnen, daß eine große Zahl der Nachprüfer meiner Samenstimulationsarbeiten zu der Auffassung neigen, meistens an Hand von Feldtastversuchen, daß die bei der Keimung zu beobachtenden wachstumsfördernden, stimulierenden Einwirkungen nur kurzdauernder Natur seien und daß sie sich, schon aus theoretischen Überlegungen heraus, unmöglich auf die spätere Pflanzenentwicklung auswirken können — mit anderen Worten kommen einige dieser Forscher zu der Auffassung, daß wohl die Tatsache einer Samenstimulation nicht abzuleugnen wäre, daß aber dieselbe nicht im Sinne Popoffs aufzufassen wäre, sondern daß die Samenstimulationswirkung nur eine Keimreizungserscheinung darstelle, die mit der Beendigung des Keimungsprozesses ausklänge[1]).

Ich will mich hier nicht in eine Diskussion über diese Auffassungen einlassen, weil ich der Überzeugung bin, daß dieselbe nicht dazu angetan wäre, diese wichtigen Fragen zu klären. Eine Klärung derselben kann man nur durch ausgedehnte Garten- und Feldversuche erwarten. Ich habe die feste Überzeugung gewonnen, die sich auf eine große Anzahl von positiv für meine Auffassung sprechende Ergebnisse von Feldversuchen stützt, daß letzten Endes die jetzt schwebenden Differenzen pro oder contra Samenstimulation sich zu meinem Gunsten lösen werden und daß ich Recht behalten werde. Ich bin mir bewußt, daß meine Stimulationsverfahren nach verschiedenen Richtungen einer Vervollkommnung und einer besseren Analysierung der Umweltsbedingungen, unter denen die stimulierten Pflanzen wachsen, bedürfen. Trotzdem geben meine bisherigen Untersuchungen über Zell- und Samenstimulation schon die großen Umrisse des Zellstimulationsproblems wieder. Sie beweisen außerdem den wichtigen Grundsatz, daß bei richtiger Anwendung der Stimulationsagentien — chemische und physikalische — die Erhöhung der Keim- und Triebkraft bis zum Abschluß der individuellen Lebens-

---

[1]) Schaffnit: Zur Behandlung von Saatgut mit Reizchemikalien. Mitteil. d. D. Landw.-G., Nr. 42, 1925.

Gassner, G.: Der gegenwärtige Stand der Stimulationsfrage. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 44, Heft 6, 1926.

periode der Pflanze währt. In dieser nachhaltigen Wirkung des ersten empfangenen Stimulationsanstoßes liegt die große Bedeutung der Zell- und Samenstimulationserscheinungen.

Als Unterstützung der bis jetzt mitgeteilten positiven Feldversuche über Samenstimulation will ich noch einige positive Ergebnisse, die als Nachprüfung meiner Samenstimulationsarbeiten entstanden sind, hier wiedergeben.

Andere Feldstimulationsversuche

Bestätigende Angaben über die keimfördernde, stimulierende Wirkung von hier schon oft erwähnten Stimulationsmitteln, wie KNO_3, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, NaCl, $FeNH_4(SO_4)_2$ usw., bringen die Versuche von Ziegler (1925)[1]) an Traubenkernen. Z. B. bei einer Keimfähigkeit von 33 % bei der Kontrolle (Sylvanerkerne) steigerte sich dieselbe auf 54 % nach 1stündiger Behandlung mit 5 ‰ Natriumsulfat, auf 70 % nach 1stündiger Behandlung mit Magnesiumsulfat 1 ‰ und auf 77 % nach 1stündiger Behandlung mit 1 ‰ Natriumbicarbonat. Gute Stimulationswirkungen an Rebenkernen hat auch Thiem[2]) bei Behandlung derselben mit Schwefelkohlenstoff erzielt. Deutlich ausgesprochene Stimulationswirkungen hat auch Abele[3]) (1927) bei Behandlung der Samen von Sinapis mit ½—1 ‰ Tanninlösung im Laufe von 6 Stunden erhalten usw.

Leider wurde bei allen diesen Versuchen das weitere Wachstum der stimulierten Samen nicht verfolgt, wie das auch bei vielen anderen Samenkeimungsversuchen der Fall war; aber erst von diesem Moment fängt das Problem an, eine umfassendere Bedeutung zu bekommen und sowohl theoretisch wie praktisch wichtige Aussichten zu eröffnen.

Als Beispiel für Versuche, die die Keimenergie- und Triebkrafterhöhung nach Stimulationsbehandlung der Samen zum Gegenstand haben, möchte ich die Arbeit von J. Stephan (Stimulationsversuche mit Canabis sativa. Faserforschung Bd. VII 1929) anführen unter Zuziehung seiner tabellarischen Zusammenstellung des Keimungsverlaufs von Hanfsamen nach Stimulierung mit $MgSO_4$ bzw. H_3PO_4 bei verschiedener Konzentration und Behandlungsdauer:

---

[1]) Ziegler, A.: Einwirkung chemischer Stoffe auf die Keimung der Traubenkerne. Weinbau und Kellerwirtschaft, Heft 5, 1925.

[2]) Thiem, H.: Stimulationsversuche an Reben und Rebenkernen. Zellstforsch., Bd. II, 1925.

[3]) Abele, C.: Keimungsstimulationsversuch an den Samen von Sinapis alba. Zellstforsch., Bd. II, 1920.

Tabelle: $MgSO_4$; Keimprozente nach

Behandlungs-Dauer	Kurz						½ Stunde						1 Stunde						2 Stunden					
	hell			dunkel			hell			dunkel			hell			dunkel			hell			dunkel		
%-Gehalt der Lösung	40	64	88	40	64	88	40	64	88	40	64	88	40	64	88	40	64	88	40	64	88	40	64	88
	Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden		
1 %	37	53	59	52	61	66	33	45	53	45	57	64	30	40	48	42	49	55	24	32	40	36	41	47
0,5 %	**62**	**72**	**79**	**80**	**91**	**95**	61	70	77	77	87	91	58	65	71	74	81	87	54	60	65	68	74	79
0,25 %	54	68	74	71	84	89	**65**	**73**	**81**	**84**	**92**	**96**	63	70	77	80	85	89	61	68	71	73	79	85
0,1 %	48	65	71	65	76	81	57	69	74	76	81	88	**65**	**74**	**83**	**85**	**92**	**97**	64	71	75	80	87	90
0,01 %	42	60	67	59	70	75	50	66	71	69	78	80	57	69	76	78	85	85	**66**	**76**	**83**	**84**	**92**	**97**
0,001 %	38	55	64	63	64	70	44	61	67	60	70	75	50	64	70	65	76	79	56	67	74	73	81	85
H_2O	35	50	64	45	62	71	39	54	64	52	62	71	42	58	64	55	66	72	46	60	65	58	68	72
	34	**49**	**63**	**45**	**61**	**71**	**34**	**49**	**63**	**45**	**61**	**71**	**34**	**49**	**63**	**45**	**61**	**71**	**34**	**49**	**63**	**45**	**61**	**71**

Tabelle: Phosphorsäure; Keimprozente nach

Behandlungs-Dauer	Kurz						½ Stunde						1 Stunde						2 Stunden					
	hell			dunkel			hell			dunkel			hell			dunkel			hell			dunkel		
%-Gehalt der Lösung	24	40	64	24	40	64	24	40	64	24	40	64	24	40	64	24	40	64	24	40	64	24	40	64
	Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden			Stunden		
1 %	43	75	81	58	82	83	**81**	**90**	**96**	**68**	**83**	**95**	**88**	**92**	**96**	**80**	**84**	**94**	54	74	80	58	80	81
0,5 %	60	77	80	61	81	85	74	86	93	63	82	91	79	88	91	70	82	92	61	76	81	60	82	84
0,25 %	64	86	92	64	**86**	**93**	66	**87**	**95**	64	**88**	**94**	72	**92**	**96**	70	**90**	**95**	65	78	83	64	83	86
0,1 %	**80**	**92**	**97**	**69**	80	85	62	**90**	**97**	60	**89**	**95**	68	**92**	**96**	62	**90**	**94**	69	85	91	67	**84**	**92**
0,01 %	61	78	81	63	79	83	61	82	85	62	84	86	63	85	88	63	86	87	**82**	**93**	**96**	**69**	80	84
0,001 %	57	76	82	58	80	84	59	80	85	58	82	84	60	84	85	58	83	85	55	76	82	57	79	84
Normal	**44**	**76**	**80**	**58**	**80**	**84**	**45**	**76**	**79**	**58**	**81**	**85**	**43**	**75**	**80**	**47**	**80**	**84**	**44**	76	79	**58**	81	8

Die Betrachtung der Tabellen lehrt, daß „mit Zunahme der Behandlungsdauer eine Verschiebung des Maximums nach niederen Konzentrationsstufen stattfindet". „Die Keimprozentwerte steigen mit zunehmender Lösungskonzentration bis zu einem Maximum, dessen Lage durch die jeweilige Behandlungsdauer bestimmt ist, zeigen dann aber je nach Prozentgehalt der Lösung und Behandlungsdauer stärkere oder schwächere Abnahme." „Die Stimulationswirkung geht nach steigender Behandlungsdauer und Lösungskonzentration in eine Schädigung über." „Zur Feststellung, ob außer einer Stimulation der Keimung auch eine solche des anfänglichen, wie des weiteren Wachstums erfolgt, wurden Wurzellängenmessungen vorgenommen. In jenen Kulturen, in denen durch Behandlung mit der Stimulationslösung schon nach 24 Stunden eine deutliche Keimprozenterhöhung zu verzeichnen war, wurden auch nach gleicher Zeit die größten Wurzellängen gefunden." Dieses Ergebnis ist nicht mit einer direkten Stimulationswirkung auf das Wurzelwachstum zu vergleichen. „Wohl aber dürfte die Tatsache einer Steigerung der Längenzuwachswerte in den behandelten Kulturen für eine direkte Stimulierung von Wachstumsvorgängen sprechen."

Die Beschleunigung der Keimung bei Vorquellen in destilliertem Wasser ist nicht der Stimulation zu vergleichen. „Es ist eine bekannte Erscheinung, daß Quellung die Keimung zahlreicher Samen begünstigt. Daß dieser Vorgang aber mit einer direkten Stimulationswirkung, wie sie als Folge der Behandlung mit bestimmten Agentien auftritt, nicht in Zusammenhang steht, geht besonders daraus hervor, daß sowohl die Wurzellängen nach 24 Stunden, wie auch die Längenzuwachswerte im weiteren Verlauf des Wachstums keine Beschleunigung erfahren, sondern mit denen der ungequollenen Kontrollen genau übereinstimmen. Die in den behandelten Kulturen nach 24 Stunden erreichten größeren Wurzellängen und die Steigerung der Zuwachswerte im weiteren Verlauf des Wachstums sind also auf Kosten spezifischer Einwirkungen von Agentien, mit denen die Behandlung der Samen vorgenommen wurde, zu setzen. Diese Ergebnisse zeigen m. E., daß für den spezifischen Fall der Hanfstimulation Quellungsvorgänge allein nicht in Frage kommen, wohl aber eine Mitwirkung derselben nicht ausgeschlossen ist. Es muß also eine direkte Beeinflussung der Samen, wie vielleicht auch der ganzen Pflanze, durch die Agentien angenommen werden. Daß es sich hierbei um Beeinflussungen von Stoffwechselprozessen handelt, dürfte außer Zweifel stehen. Wenn z. B. durch Behandlung Samen zur Keimung angeregt werden, die ohne Behandlung nicht mehr entwicklungsfähig sind, so sind Veränderungen im Innern der Samen anzunehmen."

Anschließend lasse ich einige Beispiele von Feldstimulationsversuchen folgen, welche die fortdauernde Wirkung des Stimulationsanstoßes weiter dokumentieren.

Wie schon ausgeführt, reagieren die Gemüsearten leichter und augenfälliger auf die Stimulationsbeeinflussung als manche Getreidearten. Eine Bestätigung dafür gibt der folgende Versuch mit Gewächshausgurken, angestellt von W. Drange (1925)[1]) nach folgendem Plan:

Anordnung der Versuche:

Haus I	Abtlg. a	Saatgut	stimuliert	13 g	Harnst.	Kopfd.	pro	Pflanze	ohne-OCO Begasung
	„ b	„	„	ohne	„	„	„	„	
	„ c	„	unbehand.	13 g	„	„	„	„	
	„ d	„	„	ohne	„	„	„	„	
Haus II	Abtlg. a	Saatgut	stimuliert	13 g	Harnst.	Kopfd.	pro	Pflanze	mit-OCO Begasung
	„ b	„	„	ohne	„	„	„	„	
	„ c	„	unbehand.	13 g	„	„	„	„	
	„ d	„	„	ohne	„	„	„	„	

[1]) Drange, W.: Vergleichender Versuch bei Gewächshausgurken. Gärtner-Börse, Nr. 48, 1925.

In Haus II war während der Kulturperiode als Außenseite des Gewächshausblocks die Temperatur etwa 2—3 ° C niedriger als in I.

Stimuliert wurde 5 Stunden mit $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ und mit $MgCl_2$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰.

Die stimulierten Parzellen zeigten ein früheres Auflaufen; später verwischten sich aber die Unterschiede. Die stimulierten Parzellen blühten auch einige Tage früher als die nicht stimulierten. Dementsprechend setzte auch die Ernte der stimulierten Gurken früher als die der unbehandelten ein. Das Ernte-Endergebnis setzt sich aus nachstehenden Zahlen zusammen:

Haus Abtlg.	Anzahl Pflanzen	Stückzahl geernteter Früchte	Gesamtgewicht in g	Gesamtgewicht in Pfd.	Gewicht der einzeln. Frucht in g	Ertrag der Pflanze in Mk.
I a	10	368	193 585	387,085	526	18,57
I b	10	348	171 265	342,265	490	16,41
I c	10	370	163 050	326,050	440	15,64
I d	10	330	153 000	306,000	463	14,68
II a	10	343	179 235	358,235	522	17,80
II b	10	299	162 715	325,215	544	15,60
II c	10	274	150 320	300,320	548	14,40
II d	10	287	156 135	312,135	544	14,97

Dieser Versuch zeigt eine beträchtliche Erntesteigerung der stimulierten Pflanzen im Vergleich zu den nichtbehandelten.

Die Ergebnisse dieses Versuches werden durch die Resultate des folgenden von Reinhold (1926) angestellten Versuches unterstützt. Stimuliert wurde auch hier mit den von mir angegebenen Stimulationslösungen je 5 Stunden, und zwar mit: $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ (Stim. A) und $MgCl_2$ 13 ‰ + $MnSO_4$ 4 ‰ + $MgSO_4$ 13 ‰ (Stim. B). Der Versuch wurde angestellt mit 100 Gurkenpflanzen bei dreimaliger Wiederholung. Ein Vorsprung in der Entwicklung gegenüber der Kontrolle war nicht zu erkennen. Die Ernteresultate durchschnittlich je Pflanze ergaben aber merkliche Unterschiede.

Westseite des Gewächshauses

	Nichtstimuliert		Stimuliert A	
	Stück	kg	Stück	kg
	16,0	8,07	22,7	10,40
	17,9	8,73	21,8	10,16
	17,7	8,55	21,9	10,22
Mittel:	17,2	8,45	22,1	10,26
Mittl. Fehler:	± 0,603	± 0,197	± 0,286	± 0,072

Ostseite des Gewächshauses:

	Nichtstimuliert		Stimuliert B	
	Stück	kg	Stück	kg
	19,4	8,84	21,6	9,81
	20,2	9,30	21,2	9,52
	19,0	8,73	22,1	9,74
Mittel:	19,5	8,96	21,6	9,69
Mittl. Fehler:	± 0,354	± 0,175	± 0,261	± 0,087

„Der Versuchsfehler hält sich in sehr geringer Höhe und auch die Mehrerträge scheinen durchaus sicher, da sie mehr als dreimal so groß wie die mittlere Schwankung sind."

Bei einem Salatversuch ($MgCl_2$ 10 ‰ + $MgSO_4$ 20 ‰, 1½ Std.) in 8facher Wiederholung, so daß Kontrollen mit stimulierten Parzellen abwechselten, bei Parzellengröße von je 6 qm und auf jeder Parzelle 80 Pflanzen, bekam R e i n h o l d[1]) bei den stimulierten Parzellen im Mittel 72 Stück (mittl. Fehler ± 1,78) und 13,6 kg (mittl. Fehler ± 0,27) und bei den Kontrollen 69 Stück (mittl. Fehler ± 1,23) und 12,4 kg (mittl. Fehler ± 0,32).

Erwähnen möchte ich hier auch den Roggenstimulationsversuch von L i n s b a u e r[2]).

Stimulans	$MgCl_2$ 30 ‰ Blätter	Behandlung 2 und 5 Std. Wurzeln
2 Stunden	230,2 g	349,2 g
5 „	206,5 g	311,5 g
Kontrolle	214,2 g	327,8 g

Man merkt bei diesem Versuch einen deutlichen Abstieg des Ernteertrages bei Überstimulation, die hier nach Behandlung von 5 Stunden eingetreten ist.

Beachtenswert sind auch die folgenden Feststellungen L i n s b a u e r s, erhalten an gesunden Samen von Kohlrabi. Die Samen wurden behandelt mit: Uspulun 2,5 ‰, 1 Stunde; Tillantin 2 ‰, 1 Stunde; Germisan 2,5 ‰, 1 Stunde; Segetan 5 ‰, ½ Stunde; Magnesiumchlorid 30 ‰, mit etwas Salzsäure angesäuert, — 2 Stunden; Formaldehyd (40 %) 1 ‰, ¼ Stunde; Kupfersulfat 5 ‰, 1 Stunde; Wasser 1 Stunde. Die mit Wasser vorgequollenen, sowie eine Portion trocken ausgelegter Samen dienten als Kontrolle.

[1]) Reinhold: Saatgutstimulationsversuche. Der Obst- und Gemüsebau, Nr. 24, 1926.

[2]) Linsbauer, L.: Einige Stimulationsversuche mit Samen. Gartenzeitung, Nr. 3 und 4, 1925.

„Die nach 14 Tagen erfolgte Zählung der am Leben gebliebenen Sämlinge ergab in Prozenten der behandelten und ausgelegten Samen:

Bei Uspulun 83, Tillantin 62, Segetan 75, Formaldehyd 75, Germisan 60, Wasser 82, Magnesiumchlorid 88, unbehandelt 78.

Demnach hat die Popoffsche Beize (Stimulationsmittel) den besten Erfolg gezeitigt."

Aus zahlreichen Versuchen über den Stimulationswert der von mir empfohlenen Stimulationslösungen zieht K o b e l[1]) die folgende Schlußfolgerung:

Die Frage, „ob bei uns eine Stimulation von Samen und Stecklingen erfolgreich sei", „müssen wir bejahen: es kommt vor, daß stimulierte Samen und Stecklinge die besseren Pflanzen ergeben als die nichtstimulierten Kontrollen. Mit Samenstimulation erhielten wir sichere positive Ergebnisse bei Karotten, die mit $MgSO_4$ 10 ‰ + $MnSO_4$ 20 ‰ stimuliert waren. Münzen- und ArabissteckLinge, die in Chlormagnesiumlösung gebadet worden waren, zeigten besonders bessere Wurzelbildung als nicht behandelte. Dieselbe Förderung zeigten Rebenstecklinge, wenn die ganzen Ruten gebadet wurden. Sehr auffällig waren die Erfolge mit Stimulation nie." Ich möchte hinzufügen, daß Kobel auch viele negative Resultate hatte, sowohl bei den Versuchen mit Samenstimulation, als auch mit Stecklingsbewurzelung. Viele von diesen negativen Resultaten würden sich aber in positive umgewandelt haben bei eingehenderer Detaillierung der Versuche. Positive Samenstimulationsresultate erhielt er bei: Karotten, Frischgewicht (g), 318 ± 36, Kontrolle 250 ± 27, Differenz + 68 ± 45; Kohlrabi (Gewicht pro Pflanze in g): Stimuliert (61 Pflanzen) 40 ± 6; Kontrolle (55 Pflanzen) 32 ± 1, Differenz + 0,8 ± 0,6.

Über günstige Stimulationsergebnisse bei Weizen und Roggen, allerdings nach 31tägiger Züchtung berichten K o r f f und O t t e n s o o s e r[2]). Stimuliert wurde mit Chinolin, Pyridin, Thioharnstoff u. a. „Einen Tag vor der Ernte war an Weizen zu beobachten: Bei Schwefelkohlenstoff und A_5 (Mittel der Industrie) leichte Vergilbung; bei Chinolin und Pyridin üppigeres Grün." „An den Roggenpflänzchen fiel mir auf üppigeres Grün wieder bei Pyridin und Chinolin, aber auch für A_5." „Da (bei der Ernte) der gesunde Weizen mehr als doppelt so hohe g-Werte erreicht wie der fusariöse Weizen, können die Mehrerträge nicht auf eine Unterdrückung des Pilzwachstums

[1]) Kobel, F.: Versuche zur Stimulation von Samen und Stecklingen mit besonderer Berücksichtigung der Rebe. Landw. Jahrbuch der Schweiz, 1926.

[2]) Korff und Ottensooser: Über die Wirkung einiger Bodenbehandlungsmittel auf das Pflanzenwachstum. Arb. a. d. Biolog. Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 1, 1926.

zurückgeführt werden. Die günstigsten Ergebnisse wurden, wie erörtert, mit Thioharnstoff, Chinolin, Pyridin, bei Roggen und Weizen übereinstimmend erzielt."

K a h o (1925)[1]) berichtet als Ergebnis einer Versuchsreihe, „daß eine Vorbehandlung (4—5 Stunden) der Weizensamen mit den Lösungen der reinen Kaliumsalze eine Wachstumsstimulation zur Folge hatte, die zu einer Steigerung des Ertrages (des getrockneten Stroh- und Körnergewichts) unter den gegebenen Versuchsbedingungen um rund 10 % führte." So z. B. war das Gewicht von 100 Halmen:

Kontrolle — 264 g, KCl — 274, KBr — 284, KH_2PO_4 — 308, weinsaures K — 297, KJ — 317, KCNS — 298 usw. (Die Konzentration der Lösungen betrug bei allen Salzen 0,1 Mol.); $MgCl_2$ + $MnSO_4$ (30 ‰) 316; $MnCl_2$ + $MnSO_4$ (30 ‰) — 295 u. a.

Über eine Kartoffelertragssteigerung berichtet D u b i e l[2]) (1925) nach 2 Stunden Behandlung mit 30 ‰-Lösungen von $MgCl_2$, $MgSO_4$. Eine Ertragssteigerung kommt auch besonders zur Geltung nach Injektion der Kartoffel mit denselben Lösungen in Konz. von 20 ‰.

Eine Kartoffelertragssteigerung erhielt auch L o h m a n n[3]) (1925) unter anderem nach 6 Stunden Behandlung der Knollen mit 0,005 %, 0,05 %, 0,2 %, 0,7 % und 2,0 % kolloidalem Schwefel.

Um die Wirkungsweise der katalytischen Düngemittel und der Samenstimulation festzustellen, stellte K e r n[4]) (1925) vergleichende Untersuchungen an und erhielt Resultate, die ihn zu der Schlußfolgerung führten, „daß viele unserer Düngemittel durch richtige Behandlung der Samen mit Reizlösungen ersetzt werden können." Es handelt sich hier sicher um katalytische Düngemittel und nicht um die Kunstdünger, welche neben ihrer stimulierenden Einwirkung hauptsächlich auch eine nutritive Aufgabe haben. Sehr beachtenswerte Stimulationserscheinungen, die sich in einer Wachstumsförderung äußerten, „die gegen die Kontrolle fast genau so gesteigert waren, als die Harnstoffpflanzungen", lieferte die ½stündige Behandlung der Samen mit Dicyanamid (0,5 %). Gute Resultate erhielt Kern noch mit KJ und NaF, $MnSO_4$, Superphosphaten, Cyankalilösung usw.

---

[1]) Kaho, H.: Orientierende Versuche über die stimulierende Wirkung einiger Salze auf das Wachstum der Getreidepflanzen. Dorpat, 1925.

[2]) Dubiel: Stimulationsversuch zu Kartoffeln. Pflanzenbau, Nr. 18, 1925.

[3]) Lohmann, J.: Reizwirkungen chemischer Verbindungen auf die Keimung der Kartoffelknolle. Diss. Breslau, 1925.

[4]) Kern, A.: Zellstimulationen, eine Feststellung und eine vorläufige Mitteilung. Biolog. Zentralblatt, Nr. 45, 1925.
Derselbe: Ertragsteigerung durch Stimulation. Der Gutsbeamte, 1925.

Über beträchtliche Mehrerträge bei Versuchen mit Soja, Mais und Kartoffeln nach Behandlung mit Mangansulfat, Magnesiumsulfat, Seesalz und Tannin berichtet auch Riede[1]) (1924).

Durch Behandlung der Samen mit $MgCl_2$-Lösungen wurde laut Angaben von Lieckfeld[2]) (1925) in verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben festgestellt, daß sich die Keimung durch kurze Auflaufzeit auszeichnet und daß die Pflanzen gute Wurzelbildung, dunkle Blattfarbe, starkes Stroh, gute Ährenbildung und längere Vegetationszeit zeigen. Es wird auch über Ertragssteigerungen bei Weizen, Roggen, Gerste und Hafer berichtet.

Günstige Ergebnisse hat auch Lambrecht[3]) bei Rübensamenstimulationsversuchen erhalten.

Über positive stimulierende Wirkungen von Metallsalzen, die ihn zu der Annahme führten, daß dieselben in den Dienst der praktischen Landwirtschaft zu stellen wären, berichtet Noeldechen[4]) (1925).

Günstige Wirkungen, die sich in der Erhöhung der Triebkraft, der Grünmasse und des Trockenerntegewichtes äußern, konnte er feststellen (Versuchsobjekt: Gerste; nach 1 Stunde Behandlung) bei: Mangansulfat und Manganchlorid in Konz. 1 : 10 %, aber auch bei 7,5 : 100 % und 8 : 100 %. Für Kupfersulfat lagen die günstigen Konzentrationen bei 5 : 100 % und 2,5 : 100 % und für Kupferazetat zwischen 5 : 100 % und 1 : 10 %. Bei Silbernitrat liegt die beste Konzentration zwischen 1 : 100 % und 5 : 100 %; für Quecksilberchlorid bei 1 : 100 %. Natriumphosphat wirkt wachstumsfördernd bei 1 : 100 bis 2,5 : 100 %, bzw. 5 : 100 bis 7 : 100 % usw.

Ein Polistimulationsversuch, durchgeführt mit allen oben erwähnten Lösungen bei Anwendung in optimaler Konzentration, lieferte Ergebnisse, die durchgehend eine beträchtliche Wachstumsförderung zeigten.

Bei seinen eingehenden und genauen Untersuchungen über die stimulierende Wirkung des Schwefelkohlenstoffs, sowohl als katalytischer Dünger, als auch als Samenstimulationsmittel, kommt Prof. Muth[5]) (1927) zu folgenden beachtenswerten Feststellungen, welche die Beeinflußbarkeit der gesamten individuellen Pflanzenentwicklung nach stimulierender Samenbehandlung deutlich beweisen:

---

[1]) Riede, W.: Produktionsvermehrung durch Stimulation. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, Bd. 3, 1924.

[2]) Lieckfeld: Einiges über Zellstimulation. Ill. Landw. Zeitg. 1925.

[3]) Lambrecht, P.: Erfolge mit Zellstimulation. Ill. Landw. Zeitg., 1925.

[4]) Noeldechen: Über die Reizwirkung von Metallsalzen auf die Keimung von Gerste. Kühn-Archiv, Bd. IX, 1925.

[5]) Muth, Fr.: Die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes auf die Pflanzen. Zellstforsch., Bd. III, Heft 1, 1927.

„Nach Abschluß dieses Vegetationsversuches läßt sich das Ergebnis an Hand der Beobachtungen, Messungen und Photographien ungefähr in folgenden Sätzen zusammenfassen, wobei wir von der wachstumsfördernden Wirkung einer Bodenbehandlung mit Schwefelkohlenstoff, weil längst erwiesen, ganz absehen. Von den Versuchspflanzen reagierten auf die Stimulation mit Schwefelkohlenstoff in seinen verschiedenen Anwendungsweisen am schwächsten die Erbsen. Die übrigen Pflanzen zeigten teilweise eine recht auffällige Reaktion. Besonders die Kresse läßt, wie auch die photographischen Aufnahmen erweisen, eine sehr deutliche Wachstumsbeschleunigung und eine auffällige Abänderung in der Laubfärbung erkennen. Beim Senfsamen war eine sehr deutliche Stimulationswirkung zu beobachten, wenn er mit wässeriger Schwefelkohlenstofflösung oder mit Schwefelkohlenstoffdampf vor der Einsaat behandelt war. Der Buchweizen zeigte das lebhafteste Wachstum, wenn die aufgelaufene Saat wiederholt mit Schwefelkohlenstofflösung begossen wurde, während die Behandlung der Samen mit solchen Lösungen mehr oder weniger schädlich auf diesen einwirkte."

„Die beobachteten Erscheinungen bei der Kresse scheinen mir für eine deutliche und unverkennbare Nachwirkung der Schwefelkohlenstoffstimulation zu sprechen. Wie diese zu erklären ist, muß ich vorerst dahingestellt sein lassen. Bei den anderen Samen sind die Ergebnisse nicht so eindeutig, wenn auch einzelne Behandlungsarten mit Schwefelkohlenstoff zweifelsohne eine sehr auffallende Wirkung bei den Pflanzen zur Folge hatten. Diese Versuche zeigen aber auch, wie schwierig es ist, bei den einzelnen Pflanzen die optimale Schwefelkohlenstoffkonzentration und die günstigste Dauer der Einwirkung richtig zu treffen. Je nach Art und der Beschaffenheit des Samens scheint dabei die Grenze der Stimulationswirkung und der Giftwirkung verschieden zu sein."

„Die geschilderten Versuche und vor allem die Vegetationsversuche waren mehr orientierender Natur. Wir haben auf Grund der bei diesen Versuchen gemachten Erfahrungen am 2. Juni 1927 einen Freilandversuch mit Senf in die Wege geleitet. Eine gleichmäßige Bodenfläche wurde in fünf gleich große Parzellen von je 10½ qm geteilt, die voneinander durch 25 cm breite Wege getrennt sind. Die einzelnen Beete messen 2,32 × 4,5 cm. Sie reihen sich in der angegebenen Folge von Westen nach Osten aneinander.

1. Parzelle: unbehandelt.
2. „ Samen mit wässeriger CS_2-Lösung 1 : 10 000 behandelt.
3. „ Samen mit CS_2-Dampf behandelt.
4. „ Samen mit flüssigem CS_2 behandelt.
5. „ Pflanzen mit CS_2-haltigem Wasser der Konzentration 1 : 100 000 gegossen.

Die Stimulationsdauer der Samen betrug in allen Fällen zwei Stunden. Die Samen für die Parzelle 1 und 5 wurden ebensolange in destilliertem Wasser vorgequellt. Die Samen wurden reihenweise im Abstand von 20 cm zu je 5 pro Loch, 1 cm tief verlegt. Der Reihenabstand betrug gleichfalls 20 cm.

Bereits jetzt, Mitte Juni, zeigt es sich, daß die mit Schwefelkohlenstoffdampf behandelten Samen sich auffallend schneller entwickeln wie die anderen. Dieses Beet behielt seinen Vorsprung bis Anfang Juli deutlich bei. Die Pflanzen traten etwas eher in Blüte. Gegen den 10. Juli war Beet 3 in der Entwicklung durch das Beet 2 (Samen mit CS_2-Lösung behandelt) überholt, das seinen Vorsprung bis Ende Juli vergrößerte."

Die von Muth konstatierten Wachstumsdifferenzen bestätigen die hier mitgeteilten Beobachtungen, daß die Samenstimulierung durch die physiologische Umstellung des Samens zur Erhöhung des Wachstums und zur Steigerung der gesamten Pflanzenmasse führt.

Beizversuche

Wie ich (1922) ausgeführt habe, enthalten die jetzt gebräuchlichen Beizmittel chemische Verbindungen, welche, in bestimmten Konzentrationen und bei einer genau abgepaßten optimalen Zeit der Behandlung angewandt, neben den desinfizierenden Eigenschaften, als Nebenerscheinung, auch stimulierende Wirkungen hervorrufen können. Die wachstumsfördernden Beeinflussungen, die man bei Anwendung der Beizmittel verschiedentlich beobachtet und beschrieben hat, sind richtige Samenstimulationserscheinungen und aus der Zellstimulationslehre heraus zu erklären und zu begreifen.

Diese ursächlich nicht bezweckten Stimulationserscheinungen kann man verstärken, wenn die Gebrauchskonzentrationen der Beizmittel verringert werden und bei der Versuchsanstellung wie mit richtigen Stimulationslösungen verfährt.

Von diesem Standpunkt aus betrachtet, sprechen die wachstumsfördernden Einwirkungen der Beizmittel zugunsten meiner Samenstimulationsauffassungen und bilden eine über jeden Zweifel erhabene Stütze derselben.

Über die keim- und wachstumsfördernde Wirkung eines sehr oft angewandten Beizmittels, des Uspuluns (Chlorphenolquecksilber), sind viele gleichlautende Angaben vorhanden. Ich will einige derselben anführen:

So z. B. konnte J. Stephan[1]) (1928) folgende Keimergebnisse bei Hanf feststellen:

[1]) Stephan, J.: Stimulationsversuche an Canobis sativa. Faserforschung, Bd. 7, 1928.

Uspulun Einwirkungsdauer $^1/_2$—1 Std.	Stunden			Stunden		
	24	40	60	24	40	64
	Hellkulturen			Dunkelkulturen		
5 ‰	72	82	82	73	80	80
2,5 ‰	82	91	92	68	76	78
1 ‰	88	96	96	81	88	92
0,1 ‰	94	96	96	90	95	95
H_2O	44	76	80	58	80	84

Die Hebung der Keimkraft des behandelten Hanfsamens, besonders bei Uspulunkonzentrationen von 0,1 ‰, ist unverkennbar.

Daß diese Keimeffekte sich auch bei dem Wachstum auf dem Felde günstig auswirken, zeigen viele Beobachtungen:

Hölzermann[1]) (1923) berichtet, daß der mit Uspulun (2,5 ‰) gebeizte Samen beim Feldversuch eine große Wachstumsfreudigkeit aufwies, und daß die gebeizten Parzellen sich von weitem durch die kräftige Entwicklung der Pflanzen auszeichneten. „Und da bis jetzt Quecksilber als Pflanzennahrungsmittel nie festgestellt worden ist", so nimmt Hölzermann an, daß eine Erklärung dieser Beiznachwirkung in der Zell- und Samenstimulationslehre zu suchen ist.

Über ähnliche Wirkungen der Uspulunbeizung bei Hafer, Bohnen und Runkelrüben berichtet auch Clausen[2]) (1920). Die gebeizten Pflanzen standen besser und kräftiger als die ungebeizten. Eine Erklärung darüber sucht Clausen nicht, er konstatiert nur. Dabei macht er auch die interessante Beobachtung, daß bei günstigem Boden die wachstumsfördernde Wirkung des Uspuluns sich schwächer und nicht so deutlich auswirkt, als bei einem schwächeren Boden. Diese Beobachtung steht in Parallele mit ähnlichen Resultaten von mir an Samenstimulationsversuchen.

Über die günstige Einwirkung des Uspuluns — aber schon als Stimulationsmittel angewandt, berichtet auch Heuser[3]) bei seinen Stimulationsversuchen auf Kohl. Er behandelte die Samen mit 2 ‰ Uspulunlösung 15, 30 und 45 Minuten und fand sowohl bei der Keimung als auch auf dem Felde (diesen Versuch auf Kohl habe auch ich verfolgen können) eine steigende Stimulationswirkung, die bei Behandlung von 45 Minuten ihr Optimum erreichte (s. auch S. 269). Die einzelnen Kohlköpfe waren größer und besser entwickelt, als die der Kontrollen, so daß auch die Ertragssteigerung, die bei der Ernte

[1]) Hölzermann, F.: Keimungs- und Wachstumsbeschleunigung durch Uspulun-Beize. D. Landw. Presse, Nr. 8, 1924.
[2]) Clausen: Beizversuche mit Uspulun. 1920.
[3]) Heuser: Zellstimulationsversuche. D. Landw. Presse, 1924.

konstatiert wurde (25 dz je Hektar), in diesem Falle auf die bessere individuelle Entwicklung der Pflanze zurückzuführen war.

Auch beachtenswerte Resultate über die Wirkung des Uspuluns (3 ‰) als Stimulationsmittel bringen die eingehenden Untersuchungen Linsbauers[1]) an Rüben, Karotten, Erbsen, Bohnen, Pferdebohnen, Roggen.

Bei den Rüben hat er konstatieren können: „die Beizung übte auf das gegenseitige Gewichtsverhältnis der vegetativen Organe keinen Einfluß aus", hingegen: „die stimulierende Wirkung von Uspulun auf rote Rüben besteht vielmehr in einer gleichmäßigen Erhöhung des gesamten Wachstums, ohne Korrelationsstörungen herbeizuführen. Weitere Versuche sollen darüber Aufschluß geben, ob die Steigerung des Wachstums nur auf einer Zellvermehrung oder auch auf einer Zellvergrößerung beruht."

Einen Aufschluß über diesen letzten Punkt geben meine orientierenden Messungen, über die ich auf S. 236 berichtet habe. Es findet sowohl eine Zellvergrößerung als auch eine erhöhte Zellvermehrung statt.

Ähnliche wachstumsfördernde Wirkungen, die auch bei manchen Versuchen von einer beträchtlichen Ertragssteigerung begleitet waren, konnte Linsbauer auch bei den Bohnen, Karotten, Erbsen u. a. feststellen (bei Erbsen ca. 66 %, bei Rüben ca. 20 %). „Die Jugendentwicklung war bei den gebeizten Samen deutlich besser als bei den ungebeizten Samen (Erbsen). Es macht dies den Eindruck einer Förderung der ersten Entwicklung der Pflänzchen durch Uspulun. Der Blütenbeginn war ebenfalls ein wenig zugunsten der gebeizten Pflanzen verschoben." „Die durchschnittliche Höhe der Pflanze wurde zu 37 cm, bzw. 20 cm für die Pflanzen aus gebeizten bzw. aus ungebeizten Samen gemessen." Ertragssteigerung 66 %. „Die Ergebnisse der 3 Parzellen stimmen so gleichsinnig miteinander überein, daß an der Tatsache nicht gezweifelt werden kann."

Eine gleiche Beeinflussung zeigten auch die Beizstimulationsversuche mit Formalin, Fusariol, sowie auch die Stimulationseinwirkung mit Magnesiumchlorid. „Beispiele 3 und 4 (die Behandlung mit den eben genannten chemischen Mitteln) sind deswegen besonders interessant, weil sie zeigen, daß trotz sehr verschiedenartiger Stimulationsmittel dennoch kaum eine nennenswerte Verschiebung der Korrelation stattgefunden hat, was vielleicht darauf schließen ließe, daß allen Stimulationsmitteln dieselbe primäre Einwirkungsweise auf das Samenkorn zukommt, ein Schluß, der die Anschauungen Popoffs über das Wesen der Stimulationsmittel zu bestätigen scheint."

[1]) Linsbauer: Einige Stimulationsversuche mit Samen. Gartenzeitung, Nr. 3 und 4, 1925.

Und auf noch einen wichtigen Bestätigungsbefund aus der Arbeit Linsbauers möchte ich hinweisen. Ich habe schon im Anschluß an die Besprechung (S. 234) meiner Feldversuche in Bulgarien ausgeführt (1923), daß es Fälle gibt, wo die Stimulationsmittel die vegetativen Pflanzenorgane besonders beeinflussen, und wiederum Fälle, wo der Kornertrag nach der positiven Seite besonders günstig verschoben wird. Diese Beobachtung, die praktisch wichtig werden könnte, wird nur durch die Versuche Linsbauers bestätigt. Bei dem Ausrechnen seiner Karottenversuche fand er, daß das Verhältnis zwischen Blattgewicht : Rübengewicht bei den gebeizten Samen zugunsten der Blattentwicklung verschoben wurde: bei gebeizt 1 : 6,9 und bei ungebeizt 1 : 9,6. „Es scheint also hier ein anderes Verhältnis als bei der roten Rübe zu herrschen, da bei den Karotten durch die Beizung das Blattgewicht zugunsten des Wurzelgewichtes eine Steigerung erfahren zu haben scheint. Sollte dieses Verhalten sich auch in weiteren Versuchen erweisen, so würde dieser Umstand eventuell die Möglichkeit zeigen, durch eine Uspulunbeize (allgemein gesprochen würde es heißen: durch bestimmte Stimulationsmittel — Anm. Popoff) Korrelationsstörungen in der vegetativen Region dieser Pflanzen hervorzurufen und damit je nach Belieben das Blatt- oder das Wurzelwachstum einseitig zu beeinflussen bzw. zu fördern."

Sehr eingehende Angaben über die Wirkung der Beizmittel als Stimulationsagentien bringen auch die Untersuchungen Gleisbergs (1924) an Kartoffeln. Er fand, daß die mit Upsulun, Germisan, Tillantin B und C behandelten Knollen ein üppigeres Wachstum aufwiesen als die unbehandelten. Dementsprechend lieferten auch die Pflanzenindividuen einen bedeutenden Mehrertrag an Knollen und an Pflanzenmasse, wie dies aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist:

	Einwirkungszeit 1 Std. Behandlung mit	Staudenzahl	Erntegewicht (Knollen)	Knollenanzahl	Knollengewicht g	Krautgewicht g
1.	$MgCl_2$ 15 ‰ + $MgSO_4$ ‰	60	73 Pfd. 400 g	13,8	615,0	314,6
2.	Uspulun (2,5 ‰)	60	87 „ 250 „	13,4	729,2	435,8
3.	Germisan (30 g Germ. Bolus pro Liter)	59	86 „ 200 „	15,9	761,4	485,6
4.	Segetan ($^1/_{100}$ l pro Liter)	54	49 „ 250 „	9,6	458,3	366,7
5.	Tillantin B (2 ‰)	59	81 „ 275 „	13,6	691,1	400,8
6.	Tillantin C (2 ‰)	60	68 „ 495 „	10,7	574,9	372.5
7.	Unbehandelt aber mit Leitungswasser abgespült .	59	59 „ 25 „	9,8	500,4	280,5

(Die Mg-Parzellen sind im Ertrag herabgedrückt wegen Queckenschädigung.)

Bei anderen ähnlichen Versuchen beobachtete Gleisberg, daß die Mg-, Germisan- und Uspulun-Parzellen im Auflaufen den Kontrollen voraus waren. Der Unterschied verwischte sich in der weiteren Vegetationszeit. Bei der Ernte waren aber die Tillantin C-Parzellen und auch die Uspulun-, Mg- und Germisan-Parzellen noch mit nicht abgestorbenem Laub, wie dies bei den Kontrollen schon der Fall war.

Bei einem großangelegten Kartoffelbeizversuch (Uspulun, Germisan, Tillantin B u. a.), über den Schlumberger[1]) berichtet (1924), konnte ebenfalls von verschiedenen Versuchsanstellern eine Keimbeschleunigung, üppiges Wachstum, tiefere Grünfärbung und längeres Grünbleiben der behandelten Kartoffelpflanzen beobachtet werden.

Diese wichtige Beobachtung, die auch an den Kartoffelstimulationsversuchen mit verschiedensten Stimulationsmitteln (siehe den besprochenen Antonienhofversuch u. a.) von mir gemacht werden konnte (1924), spricht für die tiefgreifende, individuelle Beeinflussung der stimulierten Pflanzen, einer Beeinflussung, die bei optimaler Einstellung bis zu Ende des individuellen Lebens währt.

Im Einklang mit diesen Beobachtungen stehen auch die Feststellungen von Kuschel[2]) (1923) über die Wirkung des Beizmittels Uspulun: „Zunächst war von einer Wirkung des Uspuluns nichts zu beobachten." „Um die Blütezeit herum zeigte sich, daß das Kraut der gebeizten Kartoffeln eine intensivere grüne Farbe annahm, es fortan behielt und — was weniger angenehm war — nicht abstarb und bis kurz vor dem Herausmachen blühte."

Über ganz ähnliche Beobachtungen der mit Uspulun behandelten Kartoffeln berichtet auch Riepenhausen (1923): „Die Farbe der Kräuter wurde gesund dunkel, die bis zum Roden bei den gebeizten besonders auffällig war." „Die noch sehr grünen Kräuter der gebeizten Kartoffeln lassen den Schluß zu, daß bei späterer Rodung und bei günstig verlaufender Witterung eine erheblich größere Gewichtszunahme bei den gebeizten Kartoffeln (als 54 Ztr. pro Hektar) möglich gewesen wäre."

Sehr eingehende Untersuchungen über die Keim- und Triebkraftbeeinflussung der Samen durch Beizmittel hat Senf[3]) (1925) an-

[1]) Schlumberger: Tagesfragen zur Kartoffelbeizung. Mitteil. d. D. Landw.-Ges., Nr. 13, 1924.

[2]) Kuschel: Ertragssteigerung durch Kartoffelbeizung mit Uspulun. III. Landw. Zeitg., Nr. 48, 1923.

[3]) Senf: Die Wirkungen verschiedener Steinbrandmittel auf eine Energiesteigerung des Keimprozesses und der ersten Wachstumsstadien. Bot. Archiv, Bd. 10, 1925.

gestellt. Besonders günstig wirksam nach dieser Richtung hat auch er das Uspulun und Germisan gefunden. „Keimenergie wie Keimkraft, Triebenergie wie Triebkraft des Weizens werden durch das Uspulun in gewissen Konzentrationen nicht allein angeregt, sondern es zeigt sich deutlich eine unter dem Einfluß des Uspuluns hervorgerufene kräftige Ausbildung der Wurzeln, demgemäß kann die Ausbildung aller Pflanzenteile durch eine vermehrte Aufnahme von Nährstoffen erfolgen. Die Giftigkeit für den pflanzlichen Organismus ist eine minimale, so daß praktisch eine Verbeizgefahr bei unrichtiger Anwendung ausgeschlossen wird." Ähnlich auch das Germisan.

Auch Claus und Mosig[1]) (1925) berichten über bemerkenswerte Wachstums- und Ernteteigerungen nach Beizung mit Uspulun: „Große Wachstumsfreudigkeit und sehr gleichmäßigen, lückenlosen Stand zeigten sämtliche Uspulun-Parzellen." Der Ertrag gegenüber unbehandelt war um 37,5 % gestiegen.

Diesen Beobachtungen reihen sich auch die Feststellungen Schillings[2]) (1925) über die wachstumsfördernde Wirkung von Uspulun, Germisan und Segetan an. Bei sachgemäßer Behandlung hat er überall eine Kräftigung der Keimpflanzen und Hemmung bzw. Vernichtung der Pilze beobachten können: „Beschleunigung der Gesamtentfaltung, Wurzeln länger, Wurzelhöschen stärker, Keimblätter meist stark dunkelgrün, kurz: die gebeizten Keimlinge waren oft sehr viel kräftiger als die ungebeizten oder mit Wasser vorbehandelten Kontrollpflanzen." Fast sämtliche behandelten Parzellen sind an Ertrag den unbehandelten überlegen gewesen.

Wichtige Angaben über die stimulierende Wirkung von Trockenbeizmitteln (Abavit, Uspulun, Porzol, Tutan, Trockenbeize Höchst u. a.) machen auch Molz und Müller (1925). Sie konstatieren einen Vorsprung in dem Auflauf und eine Steigerung der Grüngewichtszahlen (Versuche mit Weizen) bis über 40 %.

Diese Angaben fanden eine Bestätigung durch die Versuche von Hanow (1928) an Erbsen. Das Abavit, Tillantin B und Uspulun zeigten dabei neben der desinfizierenden Wirkung auch eine ausgeprägte wachstumsfördernde und ertragsteigernde Beeinflussung, die bei Abavit 35 % und bei Tillantin R 38 % erreichte.

Viele bestätigende Beobachtungen über die Beizmittel — Kupfersulfat, Formalin, Uspulun u. a. —, vom Zellstimulationsstandpunkt

[1]) Claus und Mosig: Beizversuche mit Buschbohnen. Ill. Landw. Ztg., 1925.
[2]) Schilling, E.: Versuche über Beizung und Stimulation von Leinsaat. Faserforschung, Bd. 4, 1925.

angewandt, sind auch in den Arbeiten von Prof. K e m p s k i[1]) (Chile) zu finden. Parallel mit diesen Untersuchungen hat Kempski auch Stimulations-Keimungs- und Feldversuche angestellt, und zwar mit $MgCl_2$, $CuSO_4$ und KNO_3 u. a. und hat beachtenswerte Stimulationswirkungen erzielt.

Von anderer Seite, ebenfalls in Santiago ausgeführte eingehende Feldversuche mit meinen Mg-, Mn-, J- und Br-Salzen enthaltenden Stimulationslösungen haben Ertragsteigerungen von ca. 10% bis 30 % und darüber ergeben.

Auch das bekannte Beizmittel $CuSO_4$ wirkt, bei bestimmter Dosierung und Einwirkungszeit angewandt, stimulierend auf die Samenentwicklung. D e n s c h[2]) berichtet (1924—1925), daß bei Düngung des Bodens mit 30 kg $CuSO_4$ pro Hektar eine beträchtliche Ernteteigerung (Versuchspflanzen Gerste, Roggen, Rotklee, Buschbohnen u. a.) zu beobachten wäre (über 20—25 %). Fast dieselbe Wirkung auf die Pflanzenentwicklung erreichte aber Densch auch beim Beizen der Samen mit 1—2,5 ‰ Kupfersulfatlösung. Durch das Kupfersulfat wird eine Steigerung des Chlorophylgehaltes herbeigeführt, das sich dann dementsprechend auf die spätere Entwicklung der Pflanzen auswirkt.

Auf die stimulierende Wirkung des $CuSO_4$ ist auch zum Teil die bessere Entwicklung und die tiefere Grünfärbung der Blätter der Reben bei der Bespritzung gegen Peronospora zurückzuführen. Diese üppige Blattentwicklung kann durch die pilztötende Wirkung des $CuSO_4$ allein nicht erklärt werden.

Gesondert für sich möchte ich hier auch die Untersuchungen von S c h a f f n i t[3]) über die Bekämpfung der Roggenfusariose durch die Trockenbeizmittel Germisan, Till. C, Segetan neu, Uspulun Trockenbeize, Nr. 225 Saccharinfabrik, Saatbeize Merck mit Hg u. a. erwähnen. Überall konnte er eine günstige Keimbeeinflussung und eine Wachstumsförderung konstatieren. Schaffnit schreibt der günstigen Witterung einen Teil seiner Versuchserfolge zu, aber „Trotzdem trat der günstige Einfluß aller Saatbeizen auf die Keimung des Saatguts und die Entwicklung der Pflanzen n o c h b i s n a c h d e m S c h o s s e n a u f f ä l l i g i n E r s c h e i n u n g. (Gesperrt von

[1]) Kempski: Neue Versuche mit Samendesinfektions- und Samenstimulationsmitteln. Nachr. der Landw. Abteilung Bayer, Leverkusen, 1925.

Derselbe: El problema de la estimulatión y su importancia para la agricultura práctica. Boletin de la Sociedad di Agricultura. Santiago de Chile, Nr. 5, 1925.

Derselbe: Nueros ensayos con desinfectates y estimulantes de semillas. Ebenda, 1925.

[2]) Densch: Versuche mit Kupfersulfat. Landw. Jahrbücher, 1924.

[3]) Schaffnit: Über die Roggenfusariose und ihre Bekämpfung durch „Trockenbeize". Zeitschr. für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Jahrgang 36, 1926.

mir.) Die unbehandelten Parzellen waren, abgesehen von dem sehr lückigen Pflanzenbestand, deutlich in der Entwicklung (Längenwachstum der Halme) hinter den behandelten Parzellen zurück, und die Entwicklungsunterschiede würden sich sicher auch in der Reifezeit deutlicher ausgewirkt haben, wenn nicht die Reife durch die von Anfang Juni bis Mitte Juli anhaltende Wärme und Trockenheit sehr beschleunigt und die anfänglich vorhandenen augenfälligen Unterschiede verwischt worden wären."

Also ist die Beizwirkung imstande, und zwar, wie ich wiederholt hervorgehoben habe, durch die stimulierende Einwirkung der Beizchemikalien, die individuelle Entwicklung der Pflanze tiefgreifend zu beeinflussen. Diese Beeinflussung währt bis zum Abschluß der Vegetationsperiode. Dies tritt deutlich bei jenen Versuchen mit Beizmitteln hervor, bei welchen durch das Zusammenfallen von günstigen Umständen die stimulierende Wirkung des Beizmittels besonders stark hervortritt. Besser ausgeprägt tritt aber die wachstumsfördernde Wirkung der Beizmittel in Erscheinung bei Versuchen mit solchen Pflanzen — wie Kartoffel, Kohl, Bohnen, Erbsen u. a., bei welchen die Pflanze auf dem Felde leichter individuell zu beobachten ist. In diesen Fällen ist die günstige stimulierende Beeinflussung unverkennbar. Bei solchen Versuchen tritt klar hervor, daß auch die bei der Beize beobachtete Ertragssteigerung zu einem großen Teil auf die bessere Entwicklung und demzufolge auch auf die reichlichere Ertragslieferung der stimulierten Pflanzen zurückzuführen ist. Zwar beruht die Ertragssteigerung bei den Körnerfrüchten (Weizen, Gerste, Roggen u. dgl.) nach der Beize auch auf der prozentual größeren Zahl der aufgegangenen und gesund entwickelten Pflanzen, doch damit allein würde die günstige Wirkung der Beizmittel und ihre ertragsteigernde Beeinflussung unmöglich zu erklären sein; als determinierendes wichtiges Moment tritt die stimulierende Wirkung hinzu. Diese Auffassung gewinnt seit der Problemstellung der Zell- und Samenstimulation immer mehr und mehr an Boden — und deshalb bilden alle neueren Untersuchungen über die Wirkungsweise der Beizmittel — flüssige sowohl als trockene — einen wertvollen Beitrag zu dem Samenstimulationsproblem — da bei den Beizversuchen die individuelle, bis zum Abschluß der Vegetationsperiode währende, Beeinflussung des Pflanzenwachstums sogar von Forschern zugegeben wird, die sich sonst zu der Zell- und Samenstimulationslehre refraktär verhalten. Die Beizversuche werden auf diese Weise die Brücke sein, die zur allgemeinen Geltung des Samenstimulationsproblems führt.

Die überaus feine Reaktionsfähigkeit der lebenden Materie auf Reizeinwirkungen, wie die Stimulationseinwirkungen sind, bildet die Grundlage einer ganzen Reihe von biologischen Erscheinungen und

birgt den Schlüssel zum Verständnis für manches physiologisch- und vererbungswissenschaftliche Problem. Ich möchte hier daran erinnern, daß A. Bier — ausgehend von Gedanken und Auffassungen, die sich in einigen Punkten mit den Gedankengängen meiner Zellstimulationslehre berühren — im Jahre 1924 versucht hat, das Entwicklungsproblem bei der Befruchtung als eine Reizbeeinflussung aufzufassen, welche für die ganze spätere Entwicklung des Organismus bestimmend ist. Diese Gedankengänge erweitert Bier dann auch auf die Erscheinungen der natürlichen und erworbenen Immunität. Und so sehen wir, daß Grundauffassungen der Zell- und Samenstimulationslehre imstande sind, erklärendes Licht auch auf viele andere scheinbar getrennt und abseits stehende Gebiete zu werfen.

Nach dieser Richtung bewegen sich auch die Gedankengänge W. Ostwalds über die „Überheilung" (1923). Ostwald geht dabei von der bekannten Beobachtung bei Regenerationsprozessen aus, daß der Genesungsprozeß sehr oft ein „Mehr" leistet, als es für die Herstellung des normalen Zustandes erforderlich ist. Er nimmt an, daß der Prozeß der Überheilung eine allgemeine Bedeutung in der belebten Natur hat und daß auf jede Reizung als Konsequenz eine Steigerung der betreffenden Lebensfunktion einsetzt. Durch die Erörterung dieser Zusammenhänge kommt W. Ostwald zu Betrachtungen, die in das Gebiet der Zellstimulationslehre fallen, und die, von diesem letzteren Gesichtspunkt aus, meiner Meinung nach, eine umfassendere und heuristisch gangbarere Erklärung finden.

Ich begnüge mich hier mit der Wiedergabe der vorstehenden Samenstimulationsarbeiten. Ich bezwecke damit keineswegs eine erschöpfende Besprechung der seit meinen Veröffentlichungen erschienenen Arbeiten auf dem Gebiete der Samenstimulation. Dies würde über den Rahmen der vorliegenden Abhandlung hinausgehen, die nur den Zweck hat, das Zellstimulationsgebiet, so wie ich es nach meinen bisherigen Untersuchungen auffasse, in großen Umrissen darzulegen. Deshalb habe ich auch aus der großen Anzahl der seit den Jahren 1914 bzw. 1920 erschienenen Samenstimulationsarbeiten nur einige, und zwar solche herausgegriffen, die den Grundgedanken des Samenstimulationsproblems — nämlich die Nachwirkung des Stimulationsanstoßes bis zum Abschluß der individuellen Entwicklung — bestätigend unterstützen und beweisen.

Aus den hier angeführten Versuchen wird zur Genüge klar, daß die sich herausbildenden Wachstumsdifferenzen zwischen den Pflanzen von unbehandelten und stimulierten Samen auf tiefgreifenden und nachhaltigen Umänderungen des Samenplasmas beruhen. Diese Umänderungen haben eine veränderte physiologische Einstellung und eine veränderte Reaktionsweise des Samen- und Pflanzenplasmas auf die Umweltsbedingungen zur Folge.

Von welcher Bedeutung die nähere experimentelle Analysierung dieser Samenumstellung auch für das Problem der Variation und der Vererbung ist, zeigen uns folgende beachtenswerte Ausführungen Gleisbergs, die ich hier im Wortlaut anführe[1]).

Stimulationsumstellung und Vererbungsfragen

„Die Entwicklung des Arbeitsbereiches der Saatgutstimulierung verlangt den begrifflichen Anschluß an bestehende Forschungsgebiete. Wenn die Saatgutstimulierung jetzt in ihren Anfängen unter vererbungstheoretischen Gesichtspunkten betrachtet wird, so führt dazu die Notwendigkeit, die Stimulationserscheinungen begrifflich dem größeren Gebiet der Vererbungslehre einzuordnen als der Disziplin, die die Veränderlichkeit der Organismen behandelt."

„In der letzten kurzen Zeit der systematischen Erforschung des Stimulierungsphänomens sind z. T. ältere Zufallsbeobachtungen oder gelegentliche Befunde, sog. Reizuntersuchungen, die in derselben Linie lagen, bestätigt und ergänzt worden, z. T. treten zu den alten neue Beobachtungen hinzu, die schon gestatten, einige besonders typische Stimulierungseffekte herauszuschälen und einer ontogenetisch-entwicklungsmechanischen Analyse zugänglich zu machen. Dabei ist es zunächst indifferent, wie die direkte Wirkung der Salze auf das Samenplasma vorstellbar ist. Von Belang ist nur, ob es sich bei den Samenstimulantien um spezifische Stoffe handelt, die gerade im Samen den inneren Reaktionsablauf beeinflussen, oder um Stoffe, die die Geschwindigkeit des Reaktionsablaufs im lebenden Plasma schlechthin in irgendeiner Form bestimmen. Popoff, dessen Arbeiten die umfassende Behandlung des Stimulierungsproblems in jüngster Zeit angeregt haben und vor allem den Anstoß zu einer Erörterung der Saatgutstimulierung als landwirtschaftlich-gärtnerischer Kulturmaßnahme gegeben haben, sieht die enge Beziehung der Stimulierungseffekte beim Saatgut zu den mit denselben Salzen erzielten Stimulierungseffekten an unbefruchteten Eiern, die man als künstliche Parthenogenese bezeichnet, und den Stimulierungseffekten, die durch die Salze der Saatgutstimulierung und der künstlichen Parthenogenese als Frühtreibmittel bei ruhenden Knospen erzielt werden, und bezeichnet die allgemein stimulierend wirkenden Stoffe als Zellstimulantien. Die von Popoff durchgeführte Parallelisierung der drei Formgestaltungsprobleme: künstliche Parthenogenese, Frühaustrieb und Saatgutstimulierung ist auch ohne Verknüpfung in einer Theorie der Wirkungsweise der Zellstimulantien, wie sie Popoff gegeben hat, so zwingend, daß sie aus den Stimulierungseffekten einen für die vererbungstheoretische Betrachtung wichtigen grundlegenden Schluß ziehen läßt: Die Stimu-

[1]) Gleisberg, W.: Stimulationseffekte in vererbungstheoretischer Beleuchtung. Pflanzenbau, Nr. 16, 1925.

lantien sind Formgestaltungsstoffe, die den normalen Reaktionsablauf im lebenden Plasma beeinflussen, vor allem beschleunigend auf die Geschwindigkeit der Differenzierungsvorgänge in der Ontogenese wirken.

Der Satz wird klarer an der Hand einiger besonders typischer Stimulationseffekte bei der Saatgutstimulierung, die bisher erkannt werden konnten.

Als erster sichtbarer Effekt tritt Beschleunigung der Keimung ein. Die Beschleunigung ist nicht nur eine direkte Wirkung der Wasseranreicherung im Samen durch die Stimulierungsmethode des Eintauchens in die Lösungen. Samen, die ein Jahr nach der Behandlung gelegen haben, zeigen die Keimbeschleunigung annähernd genau so wie Samen kurz nach erreichter Schalentrockne. Samen, die direkt aus der Stimulierungslösung ins Keimbett gebracht werden, haben den Zustand der Quellung voraus, getrocknete aber nur das Plus eines Stimulierungseffektes. Die geförderte Keimenergie ist also als Stimulierungseffekt zu bezeichnen.

Auch das Keimprozent wird nach Stimulationsbehandlung in den meisten Fällen gegenüber den normal keimenden Samen erhöht. Dieser Effekt bedeutet, daß in Samen, in denen die zur Keimung führenden inneren Reaktionen oder die den Keimungsvorgang bestimmenden Determinierungsstoffe fehlten, vielleicht durch einen Vorgang der Katalyse der Reaktionsablauf ausgelöst wird, der zum Hervortreten des Würzelchens und Keimlings führt.

Als weiterer Stimulierungseffekt im Verlauf der Ontogenese tritt in engem Zusammenhang mit der Förderung der Keimenergie eine Förderung der Triebenergie auf und weiterhin im Zusammenhang mit der Keimkraftsförderung eine Förderung der Triebkraft."

„Die Entwicklungsvorgänge nach Stimulierung des Saatgutes sind geeignet, Licht auf Allgemeinfragen der Entwicklung zu werfen. Soviel läßt sich aus bisherigen Versuchen ersehen, daß die weitere Entwicklung in Stößen erfolgt, die zu gewissen Zeiten die stimulierten gegenüber unstimulierten Pflanzen augenscheinlich in Vorteil bringen, zu anderen Zeiten sie drücken. Besonders deutlich tritt anfangs eine Förderung der vegetativen Organe zutage, die sich aber nicht immer bis zum Ende erhält, sondern häufig allmählich ausgeglichen wird. Teilweise bleibt die Förderung der Blattorgane allein bestehen, dagegen bleibt die Förderung der generativen Organe, damit in Zusammenhang die Steigerung des Körnerertrages aus, teilweise liegt keine Förderung des Blattsystems vor, während der Samenertrag eine Steigerung erfährt. Da die Stimulierungsbehandlung des Saatgutes eine Methode der einmaligen Beeinflussung darstellt mit bestimmt abwägbaren und meßbaren Reizmengen, dürfte sie eine Handhabe zur experimentellen Erforschung des Entwicklungsrhythmus in der Ontogenese bieten und damit ein Werkzeug entwicklungsmechanischer Forschung bei Pflanzen werden.

Der Effekt einer geeigneten Stimulierungsbehandlung ist eine Förderung bestimmter Stadien der Entwicklung und gewöhnlich des Endstadiums der vegetativen und generativen Entwicklung, die sich bei landwirtschaftlichen Gewächsen äußert entweder in erhöhtem Körner- und Pflanzenmassenertrage oder im Pflanzenmassenertrage allein.

Die in ihren Ausmaßen bisher mehr oder weniger geklärten Stimulationseffekte geben also zu der Auffassung Berechtigung, daß die Stimulantien die Geschwindigkeit des Reaktionsablaufes fördernde Stoffe sind. Die stimulierten Pflanzen stellen üppigere Modifikationen dar. Durch die Samenstimulierung werden Anlagen aktiviert, die normal ruhen: Der Phänotypus ändert sich. Die größere Üppigkeit nach Bastardierung in F_1 z. B. bei Mais-, Tomaten-, Erbsen-, Fisolensorten kann ähnlich als Aktivierung vorhandener Anlagen durch die innere Reaktionsumstimmung infolge der Einführung anderer Determinierungsstoffe ins Eiplasma aufgefaßt werden.

Jedenfalls ist die Stimulationsmodifikation anders zu werten als eine Düngungsmodifikation. Durch Stimulation des Samens wird der Differenzierungsprozeß schon auf dem frühesten Stadium der Ontogenese determiniert, so daß der weitere Entwicklungsablauf in seinen entsprechend geänderten Reaktionen im Wirken der Determinierungsstoffe und, wenn es angängig ist, bei der Pflanze davon in strengem Sinne zu sprechen, der Hormone ein abgeändertes, auf die Umwelt anders reagierendes Gefüge darstellt, das dem Reaktionsgefüge einer Varietät oder anderen Linie in gewissem Sinne vergleichbar ist. Dagegen entsteht die Düngungsmodifikation als Standortsmodifikation unter dauernder Bewirkung durch den den Entwicklungsablauf fördernden Faktor der Düngung. Dieser Faktor k a n n bei einer Düngung vor oder während der Aussaat auch das Reaktionsgefüge im Samen bestimmen und damit der weiteren Wirkung ein bestimmtes Reaktionsgefüge im Keimling schaffen, er wirkt aber vor allem bei dieser Düngungsanwendung dauernd auf jede weitere Phase der Entwicklung, während der durch Stimulierung determinierte Keimling als Reaktionsgefüge in seiner weiteren Entwicklung der dauernden direkten Bewirkung durch das Stimulans entzogen ist."

„Die Stimulierungsmodifikation stellt schon im Samen ein anderes Reaktionsgefüge dar. Damit besteht die Möglichkeit, daß eine bestimmte Stimulierungsbehandlung, die sich unter bestimmten Umweltsbedingungen als günstigste erwiesen hat, unter anderen versagt oder nicht zum höchsten Ertragseffekt führt. Man kann von einer Stimulationslinie sprechen in Anlehnung an den Begriff der Erblinie. Ein Beispiel mag zeigen, wie weit sich der Vergleich durchführen läßt, bzw. welche weiteren Perspektiven hier für die

entwicklungsmechanische Forschung im Zusammengehen mit der experimentellen Vererbungsforschung eröffnet werden.

Der Ertrag von Pferdemöhren von Parzellen mit verschieden vorbehandelten Samen eines Proskauer Stimulationsfeldversuches — dasselbe Stimulans bei allen Parzellen, aber andere Einwirkungszeiten — wurde in 5 verschiedenen Größenstufen sortiert. Es ergab sich bei Einwirkung

Größenstufe	I Stück	II Stück	III Stück	IV Stück	V Stück
2 Stunden	14	910	**1375**	969	490
3 „	50	543	**1861**	1471	426
4 „	68	835	2286	**2353**	1317
5 „	57	305	2040	**3033**	1128
6 „	50	448	1464	**2008**	600
7 „	17	158	1361	**1722**	827
und Unbehandelt 1 .	23	210	1083	**2547**	632
Unbehandelt 2 .	31	180	1415	**2133**	604

Bei der Zwei- und Dreistundenbehandlung liegt also die Kulmination bei Größe III, bei allen anderen Zeiten bei IV wie bei unbehandelt. Unter anderen Umweltsbedingungen hätte sich das Ergebnis ebenso ändern können, wie eine erbliche Linie unter den verschiedensten Umweltsbedingungen verschieden reagiert. Es kommt bei dem gesamten Entwicklungsablauf nicht allein darauf an, daß schon in dem Samen ein beschleunigendes Agens für den ersten Entwicklungsvorgang, die Keimung, vorhanden ist, sondern auch auf das Zusammenstimmen des ersten Reaktionsgefüges mit den Umweltsbedingungen. Nicht jedes Verhältnis der Innen- und Außenreaktion führt zu höchstem Ertrag: Manche Kultursorte aus klimatisch günstigen Gebieten versagt in weniger günstigen.

Darum gilt auch für die praktische Durchführung der Stimulierung offenbar zur Sicherung des Ertragseffektes unter verschiedenen Umweltsbedingungen wie für die praktische Züchtung die Notwendigkeit einer Vereinigung mehrerer Stimulationslinien zu einer Population.

Bisher wurden Vererbungsparallelen zu der Wirkung der Stimulationsbehandlung auf die stimulierte Pflanzengeneration gezogen. Die weitere Frage von vererbungstheoretisch größtem Interesse ist die nach der Wirkung auf die zweite Generation, die Nachkommenschaft der stimulierten Pflanze.

Auch hier lassen sich vorläufig nur Hinweise geben für die Stimulationsforschung ebenso wie für die mit dem Rüstzeug der Entwicklungsmechanik arbeitende Vererbungsanalyse.

Die bisherigen Befunde, z. B. Tausendkorngewichtsfeststellungen, und Erwägungen gestatten bereits, von einer Übertragung des Stimulationseffektes auf die Nachkommenschaft der stimulierten Pflanze

zu sprechen. Es reiht sich also den erwähnten Stimulierungseffekten der individuellen Entwicklung noch ein über das Individuum hinausgehender an: die günstigere Entwicklungstendenz des Samens der stimulierten Pflanzen, eine pseudohereditäre Nachwirkung im Sinne Plates."

„Erst wenn mehr als zwei Generationen nach einer Stimulationsbehandlung beobachtet sein werden, wird sich deutlich zeigen, ob und wie tiefgreifend der determinierende Einfluß der Stimulantien ist. Für den Züchter ergeben sich dabei neue Gesichtspunkte der praktischen Züchtung, da bei Benutzung stimulierten Saatgutes — ebenso wie bei Beizung! — eine Verdunkelung des Veredelungsoptimums durch Modifikation in negativer Richtung möglich ist, die damit den Erbwert verschleiert. Andererseits kann sich vielleicht ergeben, daß einer Sorte mit niedrigem erblichen Optimum ohne Stimulationsdetermination, aber starker Reaktionsfähigkeit auf den determinierenden Einfluß der Stimulationsbehandlung der größte Kulturwert zukommt."

Ph-Wert und Samenstimulation

Die hier wiedergegebenen Versuche, die eine weitere Entwicklung meiner ersten Samenstimulationsuntersuchungen mit Staßfurter Salz darstellen, beweisen, daß es möglich ist, durch vorherige Behandlung der Samen mit physikalischen oder chemischen Stimulantien, zu einer günstigen Beeinflussung und Hebung des Pflanzenwachstums zu gelangen und so die Ertragsfähigkeit unserer Kulturpflanzen zu steigern.

Bis jetzt ist die Landwirtschaft zur Erhöhung ihres Ertrages auf folgende Maßnahmen angewiesen: 1. rationelle Bodenbearbeitung; 2. künstliche Zuführung der für das Pflanzenwachstum notwendigen Bestandteile, d. h. die Zuführung von Stalldünger bzw. des von Justus von Liebig eingeführten Kunstdüngers, und 3. die Methode der Pflanzenselektion.

Der von mir gezeigte Weg weist auf eine vierte Möglichkeit der Ertragssteigerung der Kulturpflanzen hin, und zwar durch eine geeignete Stimulationsvorbehandlung der Samen, die Pflanzenentwicklung günstig zu beeinflussen.

Ich bin nun auf Grund meiner bisherigen Versuchsresultate der Überzeugung, daß diese vierte Möglichkeit durch weitere theoretische Bearbeitung der Stimulationsfrage und durch Vervollkommnung der Stimulationsmethoden, sowohl der physikalischen als auch der chemischen, sich ebenbürtig den drei vorerwähnten ertragssteigernden Maßnahmen zur Seite stellen wird.

Wie jede biologische Methode ist auch die Stimulationsbeeinflussung der Samen nicht unfehlbar und führt nicht hundertprozentig zu positiven Resultaten. Ich habe wiederholt bei verschiedenen Gelegenheiten betont, daß meine Freilandversuche in Bulgarien zu

etwa 30—35 % negativ, d. h. ohne nennenswerte Wachstumssteigerung, ausgefallen sind. Die Zahl der negativen Resultate der in Deutschland nach meinen Angaben ausgeführten Versuche, wie berichtet, stieg sogar (Versuche vom Jahre 1925) auf ca. 46 %. Auch von vielen anderen Versuchsanstellern, welche meine Ergebnisse nachprüfen wollten, sind sehr oft negative Resultate verzeichnet worden. Aber so sehr auch diese negativen Resultate an Zahl steigen mögen, so werden dieselben niemals die Bedeutung und den Wert der über jeden Zweifel stehenden positiven Versuche, welche die einschneidende Wirkung einer Samenstimulation für die weitere individuelle Entwicklung der Pflanze darlegen, entkräften.

Diese negativen Resultate zeigen uns nur, daß wir nach dieser Richtung noch vieles zu erforschen und zu klären haben.

Durch Verfeinerung und Präzisierung der Technik — nicht der Technik der Versuchsanstellung auf dem Felde, sondern der Technik der Stimulation — durch Anwendung von geeigneten chemischen Stimulationslösungen bzw. optimal dosierter physikalischer (hauptsächlich strahlenenergetischer) Einwirkungen, durch Prüfung ihrer Wirkungsweise in verschiedenen Zeiten der Anwendung, zur Feststellung der optimalen Grenze usw., d. h. eine Anzahl von Bedingungen, die sehr oft bei Anstellung von Stimulationsversuchen nicht genügend beachtet werden, wird man, meines Erachtens, mit der Zeit immer mehr und mehr dazu kommen, die Ergebnisse der bisherigen Versuche zu bestätigen und zu vervollkommnen. Dieses Resultat ist nach dem bisherigen Stande der Zellstimulationsforschungen mit Sicherheit zu erwarten. Es müßte nun die Richtlinie der weiteren Untersuchungen die sein, nachzuprüfen, welche Ursachen mit im Spiele sind, die den negativen Verlauf einer Samenstimulation bedingen. Die Erfassung dieser Momente in ihrem ganzen Umfange ist aber nichts anderes als die restlose Lösung der Frage der Samenstimulation.

Die ziemlich große Zahl der bisherigen negativen Ergebnisse ist nicht allein auf die noch mancher Verbesserung und genauerer Ausarbeitung bedürftigen Stimulationsmethoden zuzuschreiben. Nach dieser Richtung ist zwar eine Steigerung der positiv verlaufenden Versuche zu erreichen, aber damit wäre keineswegs alles aufgeklärt. Es spielen noch andere gewichtige Momente mit, welche den Verlauf eines Samenstimulationsversuches beeinflussen, so z. B. der Ph-Gehalt des Bodens (ob neutrale, saure oder alkalische Reaktion) und nicht zuletzt die damit im Zusammenhang stehende Wirkung der Kunstdüngung.

Aus zahlreichen Versuchen ist bekannt, welch große Bedeutung die H-Ionenkonzentration, der Ph-Wert des Bodens, für das Wachstum der verschiedenen Pflanzenarten hat. Dieselben sind auf einen verschiedenen Ph-Wert des Bodens eingestellt, so daß man die Kulturpflanzen in zwei Hauptgruppen einteilen könnte (Trénel):

1. Pflanzen, die an neutrale (Ph 6,1—7), bzw. schwachsaure Reaktion (Ph 5,1—6) angepaßt sind (Kartoffel, Hafer, Erbse, Rotklee, Roggen), und 2. Pflanzen, die an neutral, bzw. schwach alkalisch (Ph 7,1—8) reagierende Böden gewöhnt sind (Zuckerrübe, Gerste). Dazu kommen auch Pflanzen, welche eine sauere Bodenreaktion (Ph 4,1 bis 5) auch noch gut ertragen können (Lupine, Kartoffel)[1]).

Es wäre demnach zu untersuchen, wie sich diese Pflanzengruppen gegenüber der Stimulationsbeeinflussung verhalten und wie die stimulierten Pflanzen die verschieden abgestufte Bodenreaktion vertragen. Da die Wirkung der Bodenreaktion sich nach Art einer Stimulationseinwirkung äußert und eine ansteigende, optimale und abfallende Kurve aufweist (diese Ähnlichkeit wird erhöht durch das Vorkommen auch mehrgipfeliger Kurven, z. B. ist die Keimungskurve des Weizens zweigipfelig, mit einem intermediären Minimum, nach Lundegårdh, bei Ph 5,5—5,9), so ist anzunehmen, daß dadurch auch das Verhalten des angebauten stimulierten Samens beeinflußt werden wird, und zwar je nach dem Zustandekommen einer Superposition oder einer Interferierung dieser zwei Wirkungen. Für die Klärung dieser Verhältnisse sind Versuche im Gang. Sie werden uns auch manche Eigentümlichkeiten und Unsicherheiten bei den Feldstimulationsversuchen aufklären können, denn es ist in der Tat auffallend, daß ein und derselbe stimulierte Samen, in verschiedenen Gegenden angebaut, im Vergleich zu den entsprechenden Kontrollen, verschiedene Resultate ergibt. An einer Stelle zeigt er stark ausgeprägte Stimulationsreaktionen und an einer anderen manchmal kaum merkliche Unterschiede. Bei solchen Vergleichsanpflanzungen mit demselben Material tritt der Zusammenhang mit der Bodenreaktion besonders deutlich hervor. (Siehe die Buchweizenversuche S. 270.)

Aber es scheint, daß sich dieses Problem noch komplizierter gestaltet. Die Untersuchungen von Lundegårdh[2]) haben gezeigt, daß „während man früher ausschließlich die direkte physiologische Wirkung des H·-Ions auf die Pflanze als Grund der starken Abhängigkeit von der Reaktion des Mediums auffaßte, so scheint in den letzten Jahren die Meinung sich zu verbreiten, daß die H·-Ionen die Löslichkeit oder Mobilisierbarkeit anderer Ionen beeinflussen und auf diese Weise auch indirekt sich an dem Gedeihen der Pflanze

[1]) Trénel, M.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Bodensäurefrage. Paul Parey, 1927.

[2]) Lundegårdh, H.: Über die Interferenzwirkung von Wasserstoffionen und Neutralsalzionen auf Keimung und Wachstum des Weizens. Biochem. Zeitschrift, Bd. 149, 1924.

Derselbe: Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration in Gegenwart von Salzen auf das Wachstum von Gibberella Saubinetii. Biochem. Zeitschrift, Bd. 146, 1924.

Derselbe: Die Bedeutung des Kohlensäuregehaltes und der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens für die Entstehung der Fusariosen. Botaniska Notiser Lund, 1923.

beteiligen.“ „Das Gedeihen der Pflanzen hängt also nicht nur von der aktuellen Wasserstoffionenkonzentration ab, sondern auch von einer Reihe anderer Faktoren, die in ihrer Wirkung mit den ersteren interferieren.“

Die Untersuchungen haben z. B. ergeben, daß zwischen Calcium und Wasserstoff ein Ionenantagonismus besteht, ähnlich dem Antagonismus zwischen Calcium und Magnesium beim Wachstum der höheren Pflanzen.

Es ist noch nicht zu erfassen, in welchem Zusammenwirken die stimulierenden Salze zu den Boden-Wasserstoffionen kommen und wie sich dadurch das ganze Reaktionsbild ändert.

Aber auch der Ph-Gehalt der Stimulationslösung selbst ist von ausschlaggebender Bedeutung für den günstigen Ausfall eines Stimulationsversuches. Wie groß dieser Zusammenhang ist, zeigen die eindeutigen Resultate unserer schon besprochenen Stimulationsversuche an Seeigeleiern. Bei richtiger Einstellung des Ph-Gehaltes, sowohl der Stimulationslösung, als auch der Kulturflüssigkeit, getrennt oder zusammengenommen, zeigen die Seeigeleier eine um zwei- und dreifache günstigere Reagierung auf die Stimulationsbehandlung als bei nicht optimal eingestellten Medien. Es deutet alles darauf hin, daß dieselbe Abhängigkeit, und zwar in sehr hohem Maße, auch zwischen der optimalen Ph-Einstellung der Stimulationslösung mit der Säurefreudigkeit der betreffenden Pflanzenart und der optimalen Bodenreaktion bestehen wird. Die Erfassung dieser Zusammenhänge würde das Samenstimulationsproblem ein gutes Stück vorwärts bringen. Es steht noch eine langwierige und minitiöse Arbeit bevor.

Einen interessanten Ausblick für die Zusammenhänge zwischen Stimulationsbehandlung und Säuerzustand des Bodens und dadurch auch eine mögliche Erklärung des verschiedenen Ausfalls der Stimulationsversuche gestatten die beachtenswerten Düngungsversuche von Gehring[1]) (1930). Er hat gefunden, daß die wachstumsfördernde Wirkung der Magnesiumsalze im Zusammenhang mit dem Säuregrad des Bodens und folglich auch mit seinem Kalksättigungsgrad steht, und zwar ist diese Wirkung je ausgeprägter, desto saurer der Boden ist. Mit anderen Worten tritt die düngende Wirkung des Magnesiumsulfates dann ein, wenn der Boden genügend sauer ist. Es scheint dabei, daß für die Beurteilung der Magnesiumbedürftigkeit nicht so sehr der Kalksättigungsgrad von Bedeutung zu sein, als die Sättigung mit den gesamten Basen.

Es ist möglich, daß nach dieser Richtung eine Erklärung für den verschiedenen Ausfall der Samenstimulationsversuche mit magnesiumhaltigen Salzen auf verschiedenen Böden zu finden sein wird.

[1]) Gehring, A.: Neuere Anschauungen über die düngende Wirkung von magnesiumhaltigen Düngemitteln. Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, Bd. 15, Heft 4—5, 1930.

An den Feststellungen Gehrings über den Zusammenhang zwischen der Magnesiaausnützung und dem Säuregrad des Bodens haben wir ein Beispiel dafür, wie groß die Bedeutung des Ph-Wertes für die Aufnahmefähigkeit der Pflanze für bestimmte Salze ist.

Sehr interessante Angaben über diesen Zusammenhang enthalten auch die Untersuchungen von G l e i s b e r g[1]) (1923) über das Verhalten stimulierter Pflanzen gegenüber einer Kalkgabe in den Boden. Er konnte feststellen, daß die mit Mg-Lösung stimulierten Pflanzen die Kalkung dankbarer aufnehmen, und „jedenfalls scheinen sie (die Stimulationsverfahren) geeignet, Stoffe, deren Überschuß im Boden häufig zu Schwächezuständen der Pflanze und Anfälligkeit führt, durch geeignete Behandlung des Bodens, in dem sicherlich der Gegenstoff Kalk eine maßgebende Rolle spielen muß, zu ertragsteigernden zu machen".

Diese Versuche sprechen für die Annahme, daß die Stimulation, bei Hebung der Lebenspotenzen der Pflanze, gleichzeitig auch das Ausnützungsvermögen derselben in bezug auf gewisse Bodensalze beeinflußt.

Alle diese Fragen, die jetzt bei der Vertiefung des Samenstimulationsproblems allmählich in den Vordergrund treten, verlangen eine eingehende systematische Bearbeitung, die nicht an zufälligen Rückschlägen bei den Versuchen Anstoß nimmt und sich zu voreiligen negierenden Schlußfolgerungen verleiten läßt. Denn nur durch solche systematische Arbeit werden wir zur Lösung des Samenstimulations- und überhaupt des gesamten Zellstimulationsproblems kommen können. Es ist noch keine große wissenschaftlich-praktische Frage im Laufe von einigen Jahren ihrer endgültigen Lösung entgegengeführt worden.

Die bisherigen positiven Ergebnisse lassen aber an dem endgültigen Erfolg keinen Zweifel. Wir stehen noch am Anfang einer großen Entwicklung.

Nachstehend gebe ich die Arbeiten wieder, in denen ich das Samenstimulationsproblem behandelt habe. Die in denselben dargelegten Versuche und Anschauungen wurden bei der Ausarbeitung des vorliegenden Abschnittes benutzt:

Popoff, M., Experimentelle Zellstudien, IV. Geschlechtsvorgänge, Parthenogenese und Zellverjüngung. Archiv für Zellforschung, 1915.

—, Künstliche Parthenogenese und Zellstimulantien. Biol. Zentralblatt, Bd. 36, 1916.

—, Stimulierung der geschwächten Zellfunktionen, Rektorsrede, 1920.

—, Die Stimulierung der Zellfunktionen und ihre landwirtschaftliche Bedeutung. Vortrag, gehalten am 24. September 1922 auf dem Kongreß Deutscher Naturf. und Ärzte in Leipzig. Naturwissenschaften 1922; Versuchsstationen, 1923.

[1]) Gleisberg, W: Der praktische Wert von Zellstimulation. Landw. Jahrbücher, 1923.

Popoff, M., Exper. Zellstudien V: Biologische Möglichkeiten zur Hebung des Ernteertrages. Biol. Zentralblatt, 1923.

—, Les stimulants cellulaires et le fondement théorique de leur action. Journal de Physiologie et de Pathologie générale. Paris, 1923.

—, Zellstimulation und ihre theoretische Begründung. Jahrbuch Univ. Sofia, 1923. Zellstimulationsforschungen, Bd. I, Heft 1, 1924.

—, Die Zellstimulation des Saatgutes und ihre Bedeutung. Deutsche Landw.-Ges., 1924.

—, Düngung, Düngemittel und Zellstimulation. Zellstforsch., Bd. I, Heft 1, 1924.

—, Ergebnisse der Feldversuche 1922—1923 mit stimuliertem Samen. Zellstforsch., Bd. I, Heft 2, 1924.

—, Das Verhalten von Pflanzen aus stimuliertem Samen in der zweiten Generation (zusammen mit G. Paspaleff). Zellstforsch., Bd. I, Heft, 3, 1925.

—, Die Verlängerung der Wachstumsperiode der Pflanzen nach Samenstimulation. Zellstforsch., Bd. I, Heft 4, 1925.

—, Über theoretische Fragen der Zellstimulation. Zellstforsch., Bd. II, Heft 2, 1926.

—, Sur l'augmentation de la production agricole par la stimulation des semences. Journal de Physiologie et de Pathologie générale, Bd. XXI, 1924.

—, Die neuesten Versuche über die Erhöhung des Ernteertrages durch Stimulierung des Saatgutes. Deutsche Landw. Presse, Nr. 19, 1925.

—, Feldversuche mit Saatgutstimulierung von Reis, Baumwolle und Tabak. Tropenpflanzer, Nr. 2, 1924.

—, Zell- und Saatgutstimulation und die Reiz- und Düngungsverfahren. Biol. Zentralblatt, Bd. 44, 1924.

—, Stimulation und Landwirtschaft. Ill. Landw. Zeitung, Nr. 15, 1926.

—, Die Samenstimulierung und ihre weltwirtschaftliche Bedeutung. Pflanzenbau, Nr. 13, 1925.

—, Die Zellstimulations-Forschung in Beziehung zur Medizin. Mediz. Klinik, 1927.

—, Das Zellstimulationsproblem in Anwendung auf Landwirtschaft und Medizin. Fortschritte der Naturw. Forschung, Heft 3, 1927.

—, Lebensprozesse und Stimulationserscheinungen. Die Wirkungsweise der chemischen und physikalischen Stimulantien. Zellforsch., Bd. III, Heft 4, 1930.

Schlußbetrachtungen

Durch optimal angepaßte chemische und physikalische Einwirkungen auf die Zelle können wir die Lebensprozesse derselben über ihr normales Niveau hinaus heben, d. h. stimulieren.

Je nach dem Funktionszustand der Zelle greifen die Stimulationserscheinungen verschieden tief in das Lebensgefüge ein, dasselbe vielfach für die Dauer der ganzen individuellen Entwicklung beeinflussend und verändernd.

Und nun ist diese Hebung des gesamten chemischen Metabolismus, wie ich oft hervorgehoben habe, sowohl durch chemische wie auch durch strahlenenergetische Stimulationseinwirkungen auf die lebende Substanz auszulösen, was darauf hindeutet, daß im Grunde genommen diese Wirkungsweisen auf ein und dieselbe Basis zurückzuführen sind, daß alle diese Einwirkungsarten denselben Mechanismus im lebenden Molekül auslösen und auf ein und derselben Grundlage den gesamten chemischen Metabolismus der lebenden Substanz beeinflussen. Die chemischen und strahlenenergetischen Einwirkungen müssen also auf dieselbe subtile Weise auf die lebende Substanz wirken und dieselben Reaktionen hervorrufen.

Um dieses Gemeinsame der chemischen und strahlenenergetischen Einwirkungen zu finden, müssen wir, wie ich dies im Theoretischen Teil dieses Buches ausgeführt habe, in die atomistischen Veränderungen, die sich bei den chemischen Prozessen abspielen, eindringen und von dort aus den Versuch machen, die Lebensprozesse als Ausdruck der gleichen atomistischen Veränderungen aufzufassen.

Diese atomären Umänderungen als Grundlage der biochemischen Prozesse würden sich nach dem im Theoretischen Teil gemachten Ausführungen folgenderweise abspielen und folgende Grundlage haben:

Nach unseren heutigen Auffassungen über den Bau des Atoms besteht dieses aus einem zentralen, positiv geladenen Kern, um den, je nach der Kernladungszahl, eine verschieden große Zahl von negativ geladenen Elektronen kreisen. Das Festgefügte, das schwerer Zerfallende im Atom ist sein Kern; seine Elektronenhülle dagegen ist labil und leicht veränderlich.

Durch das Ablösen von freien Elektronen (als Folge von strahlenenergetischen Einwirkungen — Radiumemission und -emanation, Röntgenstrahlen, Ultraviolettstrahlen u. a. —, von Ionisierungspro-

zessen u. dgl.) wird das Atom ionisiert bzw. wird sein Erregungszustand gesteigert und es werden dadurch Bedingungen für eine beschleunigtere Abwicklung des chemischen Prozesses geschaffen.

Die strahlenenergetische Einwirkung wird auch imstande sein, bestehende molekulare Bindungen zu sprengen und dadurch die Moleküle und Atome ebenfalls in einen angeregten Zustand zu versetzen bzw. zu ionisieren, d. h. ihnen eine größere chemische Aktivität zu verleihen. Auf diese Weise würden die gesamten chemischen Umwandlungen im lebenden Molekül aktiviert und gehoben werden.

Denselben Effekt werden auch chemische Substanzen hervorrufen können, deren Atome eine labil gebaute Elektronenhülle besitzen und bei denen es infolge von chemischen Umsetzungen zu einer Ablösung von Elektronen bzw. Verschiebung von Elektronen aus ihrer äußeren Bahn kommt, wie z. B. bei K, Na, J, Cu, Ph, S usw. Die kinetische Wirkung dieser abgelösten Elektronen wird dann unter Umständen nach Art der Wirkung von β-Strahlen verlaufen, natürlich mit einer viel schwächeren energetischen Auswirkung.

Eine ähnliche Elektronenabspaltung und elektronenkinetische Wirkung wird man in gewissen Fällen auch bei den katalytisch wirkenden Substanzen annehmen müssen.

Aber auch eine andere Möglichkeit der Wirkung der chemischen Verbindungen auf das lebende Molekül ist denkbar. Bei der Adsorbierung von Molekeln (Atome — Ionen) werden dieselben in chemisch angeregten Zustand überführt. Es werden auf diese Weise ebenfalls die Grundlagen für eine beschleunigtere Abwicklung der chemischen Prozesse geschaffen. Es ist also als sehr wahrscheinlich anzunehmen, daß die Deformierbarkeit der als Stimulationsmittel angewandten chemischen Substanzen ebenfalls in Parallele mit ihren Stimulationseigenschaften steht. Demnach müßte z. B. die Stimulationseinwirkung von F, Cl, Br und J eine aufsteigende Reihe aufweisen, da die Deformierbarkeit ihrer Ionen in derselben Richtung zunimmt.

Als Beispiel für die große biologische Bedeutung dieser Konstatierung könnte man auch die größere Wirksamkeit der Schwefelverbindungen im Verhältnis zu den entsprechenden Sauerstoffverbindungen anführen. Bekanntlich ist die Deformierbarkeit des S''-Ions größer als diejenige des O''-Ions.

Durch die Wirkung solcher Art chemischer Mittel auf die lebende Substanz werden die chemischen Umsetzungen derselben nicht nur gehoben, sondern auch in andere Bahnen geleitet. Der chemische Metabolismus der Zelle behält dann durch die immerwährende neue Entfachung desselben chemischen Prozesses die einmal eingeschlagene Richtung bei.

Diese Verkettung der chemischen Auslösungsprozesse würde auch eine Grundeigenschaft der Zell- und Samenstimulationswirkungen erklären, nämlich, daß bei der Samenstimulation bzw. bei

der Entwicklungsanregung der Geschlechtszellen der empfangene Stimulationsanstoß bis zum Abschluß der individuellen Entwicklung anhält.

Die Hebung der chemischen Affinitäten könnte aber auch durch reduzierend wirkende, stark chemisch aktive Substanzen nach dem schon erörterten atomären Mechanismus erfolgen, so daß die früher von mir auf Grund zahlreicher Versuche gezogene Schlußfolgerung, daß auch die reduzierend wirkenden Substanzen ausgeprägte Stimulationseigenschaften aufweisen, zu Recht bestehen bleibt, nur ist die Art der Wirkung derselben eine andere als die ursprünglich von mir auf Grund der Ehrlichschen Seitenkettentheorie angenommene. Die Reduktionshypothese bleibt als ein Sonderfall der hier gegebenen umfassenderen Erklärung bestehen.

Durch die hier entwickelte Auffassungsweise kommen wir zu einer gemeinsamen energetischen Grundlage der Wirkung sowohl der chemischen als auch der physikalischen Stimulantien. Ob wir eine pflanzliche oder tierische Zelle durch chemische Stimulationsmittel oder durch strahlenenergetische Einwirkungen in ihren Lebensfunktionen erhöhen, im Grunde genommen ist die intime Wirkungsweise dieselbe: sie beruht auf der Hebung der chemischen Affinitäten der Atome durch Ionisierung derselben bzw. durch Steigerung ihres Erregungszustandes. Es werden dadurch eine Reihe von chemischen Umwandlungen, synthetisierende sowohl wie abbauende, entfaltet, wobei dem aktivierten Sauerstoffatom und den Oxydationsprozessen eine bedeutende Rolle zufällt. Wir kommen auf diese Weise auf eine gemeinsame energetische Grundlage, auf der sich diese scheinbar getrennten Einwirkungsweisen, die chemischen und die strahlenenergetischen, berühren und aneinanderstoßen, zwei getrennten Inseln gleich, die tief unten aus demselben Boden herauswachsen.

Welches sind nun die Schlußfolgerungen, die wir aus dieser atomistisch-energetischen Auffassung der biochemischen Prozesse und der Stimulationserscheinungen für die allgemeine Abwicklung der normalen Lebensprozesse der Zelle ziehen können?

Die lebende Substanz

Das Leben ist an die Eiweißstoffe gebunden. Die Satelliten der lebenden Materie sind die Kohlehydrate und Fette. Die chemischen Prozesse, die chemisch-energetischen Umwandlungen in der lebenden Substanz sind letzten Endes atomistisch-energetischer Natur. Jeder physiologische Prozeß müßte folglich als Ausdruck von Veränderungen in den Atomen der lebenden Substanz aufgefaßt werden.

Die Elemente, aus denen die lebende Substanz zusammengesetzt ist, sind Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Die ersten drei von ihnen, die auch die Grundlage der Kohlehydrate und Fette bilden, sind durch leichte Reaktionsfähigkeit ausgezeichnet.

Die bei diesen chemischen Umwandlungen und Umgruppierungen frei sich abspaltenden Elektronen wirken anregend auf das schwer veränderliche Stickstoffatom, aktivieren es und ziehen es in den Kreis der chemischen Umwandlungen ein, deren Ausdruck die Lebensprozesse sind. Das schwerfällige Stickstoffatom wirkt dadurch als ruhender Pol in der sonst zu schnell vor sich gehenden Abwicklung der chemischen Umwandlungen der Lebensprozesse und verleiht denselben eine Stetigkeit durch Generationen hindurch.

Die mineralischen Bestandteile

Die bei den Umsetzungen der Kohlehydrate und Fette frei werdenden chemischen Energien sind zwar imstande, die Aktivierung des Stickstoffatoms herbeizuführen und somit die Umwandlungen im Eiweißmolekül auszulösen, aber es scheint doch, daß diese energetische Wirkung für sich allein nicht zureichend ist für die Herbeiführung einer gewissen Intensität im Ablauf der Lebensprozesse. Deshalb sehen wir, daß zu den Verbindungen des Wasserstoffs, Sauerstoffs, Kohlenstoffs und Stickstoffs noch andere Elemente in minimalen Mengen beigemengt sind, von denen manche, wie Schwefel, Phosphor, Chlor, Kalium, Natrium, Magnesium, Mangan, Kupfer und Eisen sicherlich dazu berufen sind, nach der hier entwickelten Auffassung von dem energetischen Wert der Elemente als ein immerwährender energetischer Ansporner zu wirken und den Umlauf der chemischen Umwandlungen im Eiweißmolekül, sowie in den Fetten und Kohlehydraten, andauernd in Gang zu halten und zu beeinflussen. Diese in minimalen Mengen neben der Lebenssubstanz, den Eiweißstoffen, stets existierenden chemischen Körper (S, Mg, Ph, K, Na, Fe, Cl), zusammen mit den fast immer vorhandenen Fl, Br, J und Mn, sind die energetischen Triebstoffe der Lebensprozesse und als solche unumgänglich notwendig für die Abwicklung derselben — man könnte sagen, sie sind die anorganischen Vitamine des Lebens. Ohne diese energetischen Triebstoffe, die alle durch eine gewisse Elektronenradiation (K, Na u. a.) und durch ihre aktiven Atome leicht chemische Umwandlungen eingehen und anregen, würde es keine intensiven chemischen Umwandlungen im lebenden Molekül geben.

Durch den energetischen Zerfall dieser Energiespeicher (Ablösung von Elektronen) und den durch ihn unterstützten energetischen Zerfall der Eiweißstoffe, Kohlehydrate und Fette, wird der lebende Organismus Zentrum bestimmter, nach bestimmter Richtung sich abspielender energetisch-chemischer Umwandlungen, die wir als Lebenserscheinungen auffassen.

Nukleoproteide-chromatische Substanz

Diese energetischen Ansporner der lebenden Substanz sind zum Teil nur diffus in derselben als Mineralsalze zerstreut, die wich-

tigsten von ihnen aber, wie Phosphor, Jod, Kalium, Magnesium, Schwefel werden in dem Bau spezifischer, komplizierter Körper verwandt, an die dann vornehmlich die energetische Funktion in der Zelle, im lebenden Organismus geknüpft ist.

Ein solches, für jede Zelle unentbehrliches, energetisches Organ ist der Zellkern und das Zentrosom. In ihrem Aufbau finden wir als Hauptbestandteil die Nukleoproteide, d. h. Verbindungen der Albumine mit Nukleinsäuren, welch letztere ihrerseits eine Verbindung von Phosphorsäuren und Nukleinbasen — Guanin, Adenin, Xanthin und Hypoxanthin — darstellen, so daß der Zellkern und das Zentrosom als unumgänglicher Bestandteil Verbindungen des Phosphors enthalten, d. h. eines Elementes von starker energetischer Wirkung, mit einem energetisch sehr aktiven Atom.

Die fortdauernde energetische Wirkung der Nukleoproteide des Zellkerns und des Zentrosoms ist eine primäre Bedingung für die Erhaltung der chemischen Umwandlungen in der Zelle und für das Erhalten derselben auf einem bestimmten Intensitätsniveau.

Diese Energiespender der Zelle spalten einerseits bei ihrem energetischen Zerfall freie Elektronen ab, und andererseits nehmen sie durch ihre dadurch in sehr aktiven Zustand versetzten Atome an den chemischen Umwandlungen teil und wirken auf diese Weise nach Art der vorher gegebenen Erklärung der chemischen Prozesse im allgemeinen, indem sie zum Teil die chemischen Affinitäten der lebenden Substanz neu hervorbringen, zum Teil die schon vorhandenen steigern.

Der Zellkern und das Zentrosom, mit ihrem spezifisch wichtigen nukleoproteinen Bestandteil — dem Chromatin — sind folglich diejenigen Substanzen in der Zelle, die neben ihrer formativen Aufgabe vornehmlich als Energiespender in der Zelle anzusprechen sind.

Deshalb werden auch die Lebensfunktionen, die chemischen Umwandlungen in der Zelle, bei Exstirpation des Kernes, falls keine diffus vorhandene Chromatinsubstanz im Zellprotoplasma in Form von Chromidien vorhanden ist, immer langsamer und langsamer, das Wachstum der Zelle hört auf, und nach einer gewissen Zeit hören die dahinschleichenden Lebensprozesse ganz auf, die Zelle stirbt aus Mangel an energetischer Zufuhr.

Von diesem Standpunkt aus wäre die Möglichkeit gegeben, zu Mutationsformen zu gelangen durch Veränderung der Zahl, der chemischen Konstitution und des energetischen Wertes der Chromosomen durch experimentelle Einwirkungen, z. B. durch strahlenenergetische — ultraviolettes Licht, Röntgen-, Radium-, Elektrische-Strahlen — oder auch durch chemische Beeinflussungen.

Die veränderte Chromosomenmasse wird einen veränderten chemischen Metabolismus und folglich auch veränderte biologische Eigenschaften der betreffenden Zelle und des betreffenden Organismus zur Folge haben.

Fermente

Für die Unterhaltung der Lebensprozesse in der Zelle und in einem vielzelligen Organismus sind aber auch andere energetisch wirkende Verbindungen vorhanden, welche sowohl bei dem chemischen Abbau als auch bei der chemischen Synthese in der Zelle richtunggebend eingreifen, das sind die Fermente. Dieselben sind als Körper aufzufassen, die nach Art der Katalysatoren wirken und energetisch leicht zerfallen. An ihrem Aufbau müssen demzufolge Elemente teilnehmen, deren Atome einen labilen Bau ihrer Elektronenhülle aufweisen und folglich deshalb auch chemisch sehr aktiv sind.

Die abbauenden Fermente, wie Ptyalin, Pepsin, Trypsin, zersetzen durch ihre energetische Einwirkung die Kohlehydrate, Fette und Eiweißnahrungssubstanzen, leiten sie in einfache Verbindungen über, deren durch die Loslösung von der chemischen Bindung mit freien, chemischen Affinitäten versehene Atome zum Eingehen neuer Verbindungen bereit sind. Die daraufhin beginnende synthetische Arbeit wird durch andere energetisch wirkende Fermente weiter unterstützt und zu Ende geführt.

Die Fermente sind demnach organische Katalysatoren. Ihre Wirkung ist eine vorwiegend energetische. Als Energiespender spielen die Fermente eine große Rolle im gesamten chemischen Metabolismus der Zelle und des vielzelligen Organismus.

Hormone

Eine ähnliche, die Lebensfunktionen der Zelle entfachende Wirkung haben auch die inneren Sekrete, die Hormone, im vielzelligen Organismus.

Auch diese müssen Körper von großer chemischer Aktivität und von leichtem, energetischem Zerfall sein, denn, durch den Blutkreislauf zu jeder Zelle des Organismus gebracht, tragen sie dazu bei, die Zellfunktionen auf einem gewissen Aktivitätsniveau zu halten. In der Tat sind in der Zusammensetzung der Hormone chemische Elemente, wie z. B. im Thyreoidin- (Jodothyrin) Jod, festgestellt worden, welche starke energetische Eigenschaften besitzen. Elemente von gleicher Wirkung werden wahrscheinlich auch in der Zusammensetzung anderer Hormone vorhanden sein, oder aber ihre energetische Wirksamkeit könnte mit einem sehr labilen speziellen chemischen Aufbau verknüpft sein. Diese minimalen Mengen von energetisch zerfallenden und chemisch sehr aktiven Körpern in den Zellen tragen, nach Art der schon erläuterten atomalen Umänderungen, zur Hebung des chemischen Metabolismus der Zelle bei.

Die vornehmlich energetische und nicht trophoplastische Bedeutung der Hormone erklärt auch, warum sie in so minimalen Mengen wirksam sind.

Vitamine

Zu derselben Gruppe energetisch wirksamer Körper, welche für die Intensivierung der chemischen Prozesse in der Zelle unentbehrlich sind, gehören auch die Vitamine. Die außerordentlich geringen Mengen derselben, welche notwendig sind, um die Zellfunktionen des Organismus zu heben und zu aktivieren, sprechen schon dafür, daß die Vitamine keinesfalls zu den trophoplastischen Verbindungen gehören, die für den Aufbau des Körpers verwendet werden und die als Substrat der chemischen Umänderungen dienen, sondern daß die Vitamine energetische Ansporner par excellence sind, durch deren energetische Wirkung die chemischen Prozesse in der lebenden Substanz entfacht und zur Entfaltung gebracht werden. Deshalb tritt auch bei Mangel an Vitaminen eine allgemeine Verlangsamung und Erlahmung der Lebensprozesse ein. Es fehlen eben dann dem Körper die entfachenden Energien, die die Vorbedingungen für die chemischen Umwandlungen in der lebenden Substanz durch Erhöhung und Neubelebung der chemischen Affinitäten in derselben schaffen.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß im Bau der Vitamine stark aktive Elemente mit beteiligt sind, oder aber die starke energetische Aktivität der Vitamine wird noch, wie dies wahrscheinlich auch der Fall bei den Fermenten und Hormonen ist, durch eine große Labilität in der chemischen Struktur unterstützt und bedingt. Für die Intensität der energetischen Wirkung sind wahrscheinlich bei allen diesen energetischen Körpern vielfach die beiden Momente mit im Spiel.

Und so sehen wir, daß die an und für sich trägen chemischen Umwandlungen, welche sich in den Eiweißstoffen, Fetten und Kohlehydraten des Zellplasmas abspielen, niemals von sich aus jene Schwellung der chemischen Prozesse hätten erreichen können, die intensiv genug gewesen wären, sich zu Lebensäußerungen zu steigern. Zur Erreichung dieser Intensität bedarf die lebende Substanz einer zusätzlichen energetischen Beeinflussung für die Hebung der Reaktionsfähigkeit der sie aufbauenden Atome.

An erster Stelle wird diese Anfachung der chemischen Prozesse durch die Nukleoproteide, durch die chromatische Substanz des Zellkerns und des Zentrosoms bewerkstelligt.

Als weiter unentbehrliche energetische Körper kommen dann außer den schon erwähnten anorganischen Bestandteilen noch die Fermente, Hormone und Vitamine hinzu.

Das Zusammenwirken aller dieser energetisch aktiven Substanzen bringt erst jene Intensität in den chemischen Metabolismus der Zelle, welche das Charakteristische der Lebenserscheinungen ausmacht. Ohne diese energetische Beeinflussung fallen die chemischen Umwandlungen in der lebenden Substanz auf ein tiefes Niveau, sie werden verlangsamt, verlieren ihre Intensität und hören dann bald auf. Ein wahrlich wunderbares Zusammenwirken, welches

die schwachen und trägen chemischen Umwandlungen im Zellplasma, zu harmonisch und stetig sich entwickelnden Prozessen steigert, und sie aus dem Bereich des rein chemischen in die komplizierten, intensiven und dauerhaften Umwandlungen der Lebensprozesse hinüberführt.

Nervensubstanz

Alle diese energetischen Einwirkungen sind ausreichend für einen steten und ruhigen Ablauf der chemischen Prozesse in der Zelle, wie sie etwa in der Pflanzenzelle vor sich gehen.

Im Tierreich aber kommt es noch zur Ausbildung einer besonderen, leicht energetisch zerfallenden Substanz, deren fortschreitende Vervollkommnung und Komplizierung parallel mit der phylogenetischen Entwicklung vor sich geht: Das ist die Nervensubstanz.

Unter den Elementen, die an ihrem Aufbau teilnehmen, sind besonders charakteristisch der Phosphor und das Kali, dann kommen noch vor Magnesium, Natrium, Eisen, Calcium, Chlor, Schwefel.

Phosphor und besonders aber Kali sind, wie wir schon früher erwähnt haben, Elemente mit energetisch sehr aktiven Atomen, d. h. Atomen mit leichter Elektronenabspaltung, Atomen mit leichter Elektronenradiation.

Dieser leichte energetische Zerfall der Nervensubstanz ist auch die Ursache der großen Bedeutung, welche diese für den normalen Ablauf des chemischen Metabolismus der tierischen Zelle und des tierischen Gewebes gewonnen hat. Denn für den energetischen Ablauf der Prozesse im vielzelligen tierischen Körper genügen die vorher erwähnten energetischen Quellen nicht mehr.

Schon auf der ersten Stufe der Vielzelligkeit tritt bei den Tieren das Nervengewebe in Erscheinung. Seine mit der phylogenetischen Entwicklung der Tiere fortschreitende Gliederung bis zu den Wirbeltieren und zum Menschen geht Hand in Hand mit der Steigerung der Intensität und der Aktivität der Lebenserscheinungen derselben. Die gesteigerte Intensität der chemischen Umwandlungen wird nun durch den fortlaufenden und starken energetischen Zerfall des Nervengewebes — Nervenzellen und Nervenfasern — bedingt, welcher die chemischen Umwandlungen in der lebenden Substanz durch die Steigerung ihrer chemischen Aktivität, ihrer chemischen Affinitäten, zu einer ungeahnt hohen Leistungsfähigkeit bringt.

Dieser starke Ansporn der Lebensfunktionen durch den energetischen Einfluß des Nervengewebes ist besonders deutlich zu ermessen aus der sofortigen Herabsetzung der chemischen Prozesse in den Gewebszellen beim Durchschneiden oder Herauspräparieren der enervierenden Nervenfaser: Die Lebensprozesse der ihrer Innervation beraubten Zellen bleiben zwar bestehen, aber ihre Intensität nimmt sehr bedeutend ab, sie sinkt auf das Niveau einer pflanzlichen Zelle.

Der energetische Zerfall der Nervensubstanz ist so intensiv, daß man gewöhnlich die Fortpflanzung der Nervenerregung mit derjenigen eines elektrischen Stromes vergleicht. Und in der Tat, wir haben allen Grund anzunehmen, daß es sich auch in Wirklichkeit um einen Strom fließender Elektronen handelt.

Die Nervensubstanz befindet sich, besonders durch ihren Phosphor- und Kaligehalt und dann auch infolge ihrer sehr labilen chemischen Struktur, in intensiven fortdauernden chemischen Umwandlungen (die große Avidität zum Sauerstoff) und energetischem Zerfall, der sich durch Elektronenabspaltung aus der Atomhülle der in Reaktion tretenden Atome dokumentieren muß. Dieser Elektronenstrom ist es, welcher durch seine Wirkung auf die lebende Substanz, nach den schon erläuterten atomistischen Veränderungen bei den chemischen Prozessen im allgemeinen, durch Schaffung neuer Affinitäten zu einer Steigerung der Intensität der Lebensprozesse führt.

Die Dispersion des Elektronenstromes wird verhindert, und die Wirkung desselben auf die Inervationsstelle konzentriert und erhöht, durch die Isolierschicht, welche die Nerven umgibt, — an der Inervationsstelle hört dieselbe auf.

Vitale Strahlen

So sehen wir, daß die Zelle und der vielzellige Organismus Sitz von andauernden Elektronenabspaltungen bzw. Verschiebungen von Elektronen aus ihren äußeren Bahnen als Grundlage und Begleiterscheinung der chemischen Umsetzungen ist.

Je nach dem Funktionszustand der Zellen wird diese Elektronenabspaltung bzw. Verschiebung verschieden stark sein. Sie wird bei den intensiv funktionierenden Zellen, z. B. bei sich teilenden Zellen eines jungen Organismus, größer sein, als bei alternden Zellen und bei alternden vielzelligen Organismen. Bei diesen letzteren werden, mit der Schwächung der chemischen Umsetzungen, die elektronenenergetischen Abspaltungen immer schwächer und schwächer werden, um mit dem Tode zum Stillstand zu kommen.

Und so können auch die sogenannten vitalen Strahlen Alexander Gurwitschs eine Erklärung finden. Diesem russischen Forscher ist es gelungen, eine Einwirkung von sich teilenden Zellen, von lebenden pflanzlichen und tierischen Geweben und von Körpersäften, auf die Lebensvorgänge anderer von ihnen durch einen Zwischenraum getrennten Zellen festzustellen.

Es müssen also die lebenden Zellen und Gewebe, folgern Gurwitsch und seine Mitarbeiter, besondere Energien, vitale Strahlungen ausströmen, welche fördernd auf die Lebensprozesse anderer, benachbart liegender Zellen, wirken. Gurwitsch hat feststellen können, daß die vitalen Strahlen, welche z. B. von sich teilenden Zellen ausgehen, durch den Raum teilungsanregend auf andere junge Zellen sind.

Nach der hier entwickelten Auffassung über die energetischen Umänderungen in der Zelle und im gesamten vielzelligen Organismus, könnte man annehmen, daß die vitalen Strahlen Gurwitschs — die bei den chemischen Prozessen in der Zelle abgespaltene Elektronenradiationen sind, die zu einem großen Teil aus dem energetischen Zerfall der schon beschriebenen energetischen Körper, wie Zellkern, Fermente, Hormone, Nervensubstanz und anorganische Bestandteile, stammen, welche, wie wir gesehen haben, den gesamten chemischen Metabolismus der lebenden Substanz aktivieren und heben. Und diese im Organismus vorhandene Elektronenradiation könnte es sein, welche die vitalen Strahlen Gurwitschs direkt oder in einer anderen strahlungsenergetischen Form abgibt. Die Wirkung durch den Raum würde dann nach der hier vorgetragenen Auffassung von der energetisch-atomistischen Grundlage der chemischen Prozesse zu verstehen sein.

Die hier versuchte Erklärung der Lebensprozesse ist bestrebt, die grundlegenden Funktionen der lebenden Zelle und des Organismus zu erfassen und die Stimulationserscheinungen als eine harmonische Intensivierung derselben aufzufassen — als solche schließt sie in sich sowohl die chemischen Umänderungen im Plasma und Kern, als auch die fermentativen, hormonalen, neuralen u. dgl. Funktionen der Zelle des gesamten vielzelligen Organismus, sie umfaßt außerdem auch die Veränderungen im Aggregatzustand der kolloidalen Substanz.

Durch die Stimulationseinwirkung werden die gesamten Funktionen der Zelle und des vielzelligen Organismus gehoben, folglich auch die fermentativen und hormonalen. Es wäre deshalb nicht angängig, die Stimulationserscheinungen als eine primäre Entfaltung, über die Norm der fermentativen bzw. hormonalen Tätigkeiten anzusprechen. Das hieße eine Teilerscheinung als Ausgangspunkt einer Gesamterklärung hinzustellen.

Die Stimulationserscheinungen sind genau so wenig generell aus den Umänderungen des kolloidalen Zustandes allein der lebenden Materie zu erklären. Diese Umänderungen sind, wie ich ausgeführt habe, stets vorhanden und stehen wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem jeweiligen durch die stimulierende Einwirkung veränderlichen Zustand der Elektrolyten und folglich auch der Elektronenwirkungsstärke in der lebenden Substanz. Die Änderung des kolloidalen Zustandes der lebenden Materie bei der Stimulation ist eine stets begleitende und für den Ablauf der chemischen Prozesse günstig sich einstellende Umänderung, aber das primäre ist sie deshalb nicht. Die Lebenserscheinungen sind letzten Endes atomär-energetischer Natur und von diesem Standpunkt aus kann erst eine generelle Er-

klärung für den gesamten chemischen Metabolismus der lebenden Substanz gesucht werden.

Jede lebende Zelle reagiert auf stimulierende Einwirkungen, auf chemische oder physikalische, bei optimaler Anwendung derselben, durch Steigerung des gesamten chemischen Metabolismus. Und zwar wirkt die stimulierende Einwirkung nicht nur intensivierend auf die Plasmaumsetzungen direkt, sondern sie löst gleichzeitig auch die Tätigkeit der schon beschriebenen energetischen Gebilde aus, wie die der nukleoproteiden Substanz, der fermentativen und hormonalen Sekrete usw. Die stimulierende Einwirkung entfacht auf diese Weise die Tätigkeit aller dieser harmonisch verbundenen Funktionen der Zelle und des Organismus, deren gesamte Wirkung die Intensivierung der chemischen Umwandlungen bewirkt und zur Steigerung der synthetischen und abbauenden Prozesse im Organismus führt. Diese chemisch-physiologischen Erscheinungen sind Ausdruck von atomistisch-energetischen Umwandlungen, die nach gleichen Prinzipien in jeder chemischen Atombindung und in jedem lebenden Molekül vor sich gehen.

263532
Biol
P
Author Popoff, Methodi
Title Die Zellstimulation.
DATE.
NAME OF BORROWER.
University of Toronto
Library
DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET
Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU